

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra informatiky



Automatizované řízení adaptivní výuky v e-learningu podle stylů učení studenta

Studijní obor: Informatika a aplikovaná matematika
Školitel: Doc. RNDr. Jana Šarmanová, CSc.

Ostrava 2010

Ing. Libor Holub

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 29.6.2010

.....
podpis autora

Rád bych poděkoval své školitelce Doc. RNDr. Janě Šarmanové, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi během zpracování mé disertační práce poskytovala. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří přispěli k tomu, že tato disertační práce mohla vzniknout.

Vznik disertační práce byl ve finální etapě podpořen projektem ESF, program OPVK – CZ.1.07/2.2.00/07.0339 – Personalizace výuky prostřednictvím e-learningu.

Abstrakt

Tato disertační práce se zabývá automatizovaným řízením výukového procesu v prostředí e-learningu na základě stylů učení studenta. V úvodu jsou stručně charakterizovány současné metody, které se používají při realizaci výukového procesu v e-learningu. Práce vychází z technik programového učení a metod návrhu vhodného výukového materiálu pro automatizované řízení výuky. Popisuje vlastnosti studentů, které mohou být použity pro adaptaci výukového procesu. Stanovuje příslušná metadata pro popis těchto vlastností a formu jejich uložení. Zavádí pojem „virtuální student“ pro normalizaci velkého počtu reálných studentů. Za použití metod umělé inteligence provádí popis a návrh vhodného procesu přiřazení reálného studenta ke studentu virtuálnímu. Dále popisuje návrh a strukturalizaci výukových opor pro adaptivní formu výuky. Navrhuje a implementuje datové struktury a metadata pro uložení výukových opor. Práce rozděluje výukové opory do několika smyslových forem a významových hloubek. Zavádí pojem „vrstva výkladu“ a definuje jednotlivé výkladové vrstvy na úrovni ucelené výkladové jednotky. Práce dále navrhuje obecnou formulaci pravidel definujících mapování vlastností studenta na formu, obsahovou hloubku a vhodné vnitřní uspořádání ucelené výkladové jednotky. Přináší řešení popisu pravidel na sémantické i datové úrovni. Na základě formulovaných pravidel definuje postup určení výukového stylu studenta. Za použití výukového stylu studenta navrhuje a implementuje adaptivní algoritmus pro řízení výukového procesu optimalizovaného vzhledem k individuálním potřebám studentů. Ve svém závěru práce ověřuje navržené adaptivní algoritmy na lekci zpracované v adaptivní formě.

Klíčová slova

e-learning, adaptace, řízení výukového procesu, programované učení, virtuální student, virtuální učitel, výukový styl, výklad, forma výkladu, hloubka výkladu, vrstva výkladu, výkladová jednotka, LMS, LCMS

Abstract

This dissertation thesis deals with the automated control of learning process in the environment of e-learning which is based on different styles of learning. Methods which are used today for realisation of learning process of the e-learning are briefly characterised at the beginning. This thesis is based on techniques of programmed learning and methods of designing an appropriate educational material for the automated control of learning. It also describes characteristics of students that can be used to adapt the learning process. It provides metadata to describe those characteristics and format of their storage. Thesis introduces the concept of a virtual student for normalization of a large numbers of real students. Using artificial intelligence methods, thesis carries out a description and design of appropriate process of assigning a real student to virtual student. Next, it describes a design and structuring of educational supports for adaptive form of learning. It also designs and implements data structures and metadata for storing educational supports. Thesis divides those educational supports into several sensory forms and semantic depths. It introduces the concept of a layer of interpretation and defines the various layers of interpretation at the level of comprehensive interpretation unit. Thesis also proposes general formulation of rules defining mapping characteristics of student to form, semantic depth and appropriate internal arrangement of the comprehensive interpretation unit. It provides solution by describing the rules in both semantic and data levels. Based on formulated rules, it defines a procedure to determine student's learning style. Using student's learning style, it designs and implements an adaptive algorithm for the optimized control of the learning process considering the individual needs of students. In the conclusion thesis verifies the designed adaptive algorithms in lesson processed in adaptive form.

Key words

e-learning, adaptation, control of the learning process, programmed learning, virtual student, virtual teacher, learning style, interpretation, form of interpretation, depth of interpretation, layer of interpretation, interpretation unit, LMS, LCMS

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	SOUČASNÝ STAV E-LEARNINGU.....	12
2.1	SOUČASNÉ LMS A LCMS	12
2.1.1	<i>LMS a LCMS používané na českých školách.....</i>	<i>14</i>
2.1.2	<i>Současné adaptivní výukové systémy.....</i>	<i>14</i>
2.2	PROCES UČENÍ, PERSONALIZACE VÝUKY	15
2.3	VLASTNOSTI STUDENTA, STYL UČENÍ, DIMENZE INTELIGENCE	16
2.3.1	<i>Vlastnosti studenta.....</i>	<i>17</i>
2.3.2	<i>Kolbův cyklus dělení studentů</i>	<i>19</i>
2.3.3	<i>Vlastnosti definující učební styl.....</i>	<i>20</i>
2.3.4	<i>Styl učení</i>	<i>22</i>
2.3.5	<i>Dimenze inteligence.....</i>	<i>23</i>
2.4	VÝUKOVÝ STYL	24
2.5	EXPERTNÍ SYSTÉM S DATOVOU MATICÍ	25
2.5.1	<i>Reprezentace znalostí formou osobních konstruktů.....</i>	<i>26</i>
2.5.2	<i>Realizace psychologického prostoru datovou maticí.....</i>	<i>27</i>
2.6	LMS BARBORKA.....	27
2.6.1	<i>Autorská databáze LMS Barborka.....</i>	<i>28</i>
3	CÍLE.....	29
4	TEORETICKÝ MODEL SYSTÉMU ADAPTIVNÍ VÝUKY	31
4.1	UČEBNÍ STYLY	31
4.1.1	<i>Evidovaná data o vlastnostech studentů.....</i>	<i>32</i>
4.1.2	<i>Popis evidovaných vlastností.....</i>	<i>32</i>
4.1.3	<i>Virtuální student</i>	<i>34</i>
4.1.4	<i>Rozdělení a popis virtuálních studentů.....</i>	<i>34</i>
4.1.5	<i>Přiřazení reálného studenta ke studentu virtuálnímu.....</i>	<i>35</i>
4.1.6	<i>Využití expertního systému nad datovou maticí.....</i>	<i>36</i>
4.2	VÝUKOVÉ OPORY A JEJICH STRUKTURA	38
4.2.1	<i>Struktura výukových opor.....</i>	<i>39</i>
4.2.2	<i>Výkladový rámec a jeho varianty.....</i>	<i>40</i>
4.2.3	<i>Varianty rámce dle smyslové formy.....</i>	<i>40</i>
4.2.4	<i>Varianty rámce dle hloubky.....</i>	<i>41</i>
4.2.5	<i>Vrstvy rámce.....</i>	<i>41</i>
4.2.6	<i>Charakter rámce.....</i>	<i>43</i>
4.3	VIRTUÁLNÍ UČITEL	44
4.3.1	<i>Pravidla pro adaptivní řízení výuky.....</i>	<i>44</i>
4.3.2	<i>Protokol o průběhu výuky.....</i>	<i>47</i>
4.3.3	<i>Algoritmus adaptivní volby výukového stylu.....</i>	<i>48</i>
4.3.4	<i>Algoritmus adaptivního řízení výuky</i>	<i>50</i>
4.3.5	<i>Praktický příklad adaptace.....</i>	<i>51</i>
5	IMPLEMENTACE SYSTÉMU ADAPTIVNÍ VÝUKY	54
5.1	DATOVÝ MODEL ADAPTIVNÍ ČÁSTI.....	54
5.1.1	<i>ERD – subsystém Student</i>	<i>55</i>
5.1.2	<i>ERD – subsystém Autor</i>	<i>56</i>
5.1.3	<i>ERD – subsystém Virtuální učitel</i>	<i>57</i>
5.2	IMPLEMENTACE VIRTUÁLNÍHO STUDENTA	58
5.2.1	<i>Metadata popisující virtuálního studenta</i>	<i>58</i>
5.2.2	<i>Ukázka implementace</i>	<i>59</i>
5.3	IMPLEMENTACE VÝUKOVÝCH OPOR S METADATY PRO ADAPTACI	59
5.3.1	<i>Ukázka implementace</i>	<i>61</i>
5.4	IMPLEMENTACE VIRTUÁLNÍHO UČITELE	61
5.4.1	<i>Adaptační pravidla</i>	<i>61</i>
5.4.2	<i>Adaptace výukového procesu.....</i>	<i>62</i>

6	PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ADAPTIVITY VÝUKY.....	64
6.1	PŘÍPRAVA OVĚŘOVACÍ LEKCE.....	64
6.2	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI ADAPTIVNÍCH ALGORITMŮ	64
6.2.1	<i>Statistika studentů.....</i>	65
6.2.2	<i>Analýza preferovaných forem výkladu.....</i>	65
6.2.3	<i>Sledování změny MStVysl.....</i>	66
6.2.4	<i>Sledování změn pořadí vrstev oproti distanční učebnici</i>	66
6.2.5	<i>Čas strávený nad stejnými typy rámců v různých formách.....</i>	67
6.2.6	<i>Výsledky závěrečného kontrolního testu z probrané lekce.....</i>	68
6.2.7	<i>Hodnocení kvality výkladu z pohledu studentů.....</i>	68
7	ZÁVĚR	70
7.1	SPLNĚNÍ CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE.....	70
7.2	DALŠÍ VÝVOJ ADAPTIVNÍ VÝUKY	70
	LITERATURA.....	72
	INTERNETOVÉ ZDROJE	76
	RELEVANTNÍ PUBLIKACE A ČLÁNKY K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE.....	77
	PŘÍLOHA A – DOTAZNÍK PRO ZJIŠŤOVÁNÍ VLASTNOSTÍ.....	80
	PŘÍLOHA B – UKÁZKA NÁVRHU RÁMCE	87
	PŘÍLOHA C – OBSAH CD	92
	PŘÍLOHA D – OCENĚNÍ PROJEKTU BARBORKA.....	93

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: E-learningová forma výuky	12
Obrázek 2: Typy žáku podle teorie zkušenostního učení	20
Obrázek 3: Psychologická vzdálenost mezi póly	26
Obrázek 4: Datová matice	27
Obrázek 5: Systém adaptivní výuky	31
Obrázek 6: Vrstvy výkladového rámce	43
Obrázek 7: ERD – subsystému Student	55
Obrázek 8: ERD – obsah výukových opor	56
Obrázek 9: ERD – uložení pravidel adaptivního algoritmu	57
Obrázek 10: ERD - data reálného studenta	58
Obrázek 11: ERD – data virtuálního studenta	59
Obrázek 12: Implementace - seznam vlastností	59
Obrázek 13: ERD – metadata varianty rámce	60
Obrázek 14: Ukázka formuláře pro vytváření a úpravu výkladového rámce	61
Obrázek 15: ERD - uložení adaptivních pravidel	62
Obrázek 16: Ukázka adaptace pro studenta 1	63
Obrázek 17: Ukázka adaptace pro studenta 2	63
Obrázek 18: Zastoupení mužů a žen mezi studenty	65
Obrázek 19: Analýza preferovaných forem	65
Obrázek 20: Sledování změny MStVysl	66
Obrázek 21: Změny pořadí vrstev oproti klasickému materiálu	67
Obrázek 22: Čas strávený nad rámcem.	67
Obrázek 23: Výsledky kontrolního testu	68
Obrázek 24: Spokojenost s předloženou formou výuky	68

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Rozdělení a popis virtuálních studentů</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 2: Vlastnosti studentů</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 3: Ukázka repertoárové tabulky virtuálních studentů</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 4: Mapování pravidel</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 5: Pravá strana adaptačních pravidel.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 6: Přehled vlastností pro reálné studenty.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 7: Výpočet podobnosti pro přiřazení studenta.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 8: Levá strana pravidel odvozená od virtuálních studentů a doplněna o MSiVysl.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 9: Pravá strana pravidel</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 10: Ukázka šablony pro návrh struktury rámce</i>	<i>60</i>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AHA!	– Adaptive Hypermedia for All
CMS	– Content Management System
ERD	– Entity Relationship Diagram
IEEE/LTSC	– Institute of Electrical and Electronics Engineers Learning Technology Standards Committee
IOWA	– Intuitiveuse Oriented Webtool for the creation of Adapted contents
LCMS	– Learning Content Management System
LMS	– Learning Management System
LO	– Learning Object
LSI	– Learning Styles Inventory
MLNet OiS	– Machine Learning Network – Online information Services
POL	– PrOgrammed Learning management
SCO	– Sharable Content Object
SPQ	– Study Process Questionary
VIC	– Visualization of Contents
XML	– Extensible Markup Language

1 ÚVOD

V současné době se vzdělávání neomezuje pouze na učení v oblasti základní, střední nebo vysoké školy. Současné trendy vyžadují celoživotní vzdělávání jak v aktivní, tak i postaktivní části života. Celoživotní vzdělávání klade na studenty i tutorůy nemalé časové požadavky, proto se v posledních letech stále více prosazuje vzdělávání prostřednictvím e-learningu.

E-learning je využíván v řadě podob od nejjednodušší formy, kdy jsou studentům studijní materiály prezentovány prostřednictvím www stránek, až po využívání moderních LMS systémů. Student je postaven do role pasivního nebo aktivního žáka. V případě využití jednodušších forem e-learningu má student možnost pouze získat přístup k potřebným studijním materiálům a testům. Nemůže nijak ovlivnit samotný studijní proces, jehož je součástí. V této souvislosti se často uvádí řada návodů nebo teorií, které mají za cíl lepší a snazší učení. Tímto zobecněním jsou ale zastírány individuality jednotlivých studentů. Teorie mnohdy pouze staví na již získaných znalostech studenta a neohlíží se na jeho individuální studijní potřeby, které by mu mohly pomoci danou látku lépe a efektivněji pochopit.

Požadavkem současné doby je zefektivnění výukového procesu, jak pro samotné studenty, tak i pro jejich tutorůy. Zefektivňování studijního procesu by mělo být prováděno ve dvou základních úrovních, a to na úrovni znalostí jednotlivých studentů a na úrovni individuálních potřeb studentů.

Disertační práce řeší nalezení vhodných prostředků pro analýzu individuálních vlastností studentů a jejich promítnutí do výukového procesu. Řešení zahrnuje prostředky pro analýzu individuálních potřeb studentů, analýzu výkladových postupů a jejich praktické použití při adaptaci studijního materiálu.

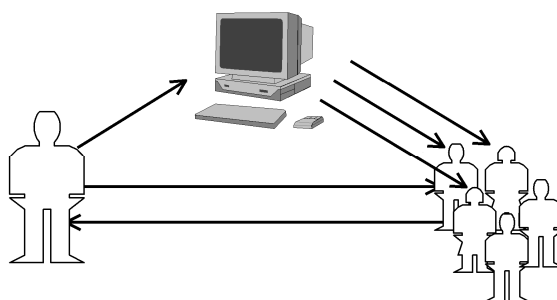
2 SOUČASNÝ STAV E-LEARNINGU

Při klasické výuce se žáci učí prezenční formou, kdy komunikují přímo s vyučujícím nebo sami mezi sebou. Tato forma výuky byla využívána po staletí a je nepravděpodobné, že by zanikla. Zejména při výuce na nižších stupních škol, kde je pro všestranný rozvoj žáka nezbytná aktivní formy výuky s plnou podporou profesionálního vyučujícího.

Další rozšířenou formou vzdělávání je e-learning. Ten slouží jako hlavní nástroj především pro celoživotní a kombinovanou formu vzdělávání. Řada vzdělávacích institucí využívá e-learning jako primární nástroj výuky, aniž by si uvědomovala kontext slova e-learning jako nástroje pro plnohodnotnou podporu vzdělávání. Často se setkáváme s případy, kde je e-learning zastoupen pouze ve formě studijních materiálů v elektronické podobě, případně je tato podpora doplněna o elektronickou formu testů.

Na univerzitách, a již i na některých středních školách, se aktivně využívají automatizované systémy řízení výuky (LMS). Tyto systémy jsou schopny řídit výukový proces po stránce organizační, nejsou však většinou schopny řízení výukového procesu po stránce znalostí nebo individuálních vlastností jednotlivých studentů.

Nejčastěji využívaná forma výuky je blended learning, kdy jsou do studijního procesu zařazeny prvky e-learningu a jsou kombinovány s prezenčními tutoriály. Prostřednictvím e-learningu jsou studentům nabízeny studijní materiály a testy. Po prostudování ucelené obsahové oblasti jsou tyto oblasti konzultovány na prezenčních tutoriálech, kde mají studenti možnost konzultovat nejasnosti přímo s tutorem. Výhodou této formy výuky je možnost zpětné vazby k tutorovi a určitá možnost individuálního přístupu, kdy jsou studentovi případné nejasné části výkladu vysvětleny alternativním postupem. Plnohodnotná individuální výuka ale není z časových důvodů možná. Efektivnější by bylo využití takové formy e-learningu, kde by byla nutnost prezenčních tutoriálů eliminována na minimum a přitom by byla zachována kvalita výukového procesu a brán zřetel na individuální vlastnosti jednotlivých studentů. Jako možná forma řešení tohoto problému se ukazuje možnost využití vlastností studentů a jejich styly učení a následná aplikace na samotný studijní proces.



Obrázek 1: E-learningová forma výuky

2.1 Současné LMS a LCMS

Pro řízení a správu on-line výuky se nejčastěji využívají Learning Management Systémy (LMS) [i1]. LMS řídí přístup k jednotlivým studijním materiálům, umožňuje provádění testů a odevzdávání úkolů. Některé LMS systémy navíc obsahují i komunikační nástroje.

V současnosti se můžeme setkat i s Learning Content Management Systémy (LCMS) [i2]. LCMS je oproti klasickému LMS rozšířen o nástroje, které zefektivňují práci s vlastním obsahem předmětu. LCMS chápe výukový objekt jako samostatnou jednotku. Výukový objekt nejčastěji obsahuje tři části a to cíl (specifikuje, co bude student po nastudování umět nebo čeho dosáhne), obsah nutný k dosažení cíle a hodnocení sloužící pro ověření, zda bylo cíle dosaženo. Výukový objekt dále obsahuje metadata nutná pro popis jednotlivých částí.

LCMS se skládá z následujících částí:

- Skladiště výukových objektů (learning object repository). Jedná se o databázi, kde jsou uloženy všechny výukové objekty. Objekty jsou následně z databáze vyjímány samostatně, nebo v kombinaci s dalšími objekty. Pomocí kombinace více objektů se vytváří rozsáhlejší výukové jednotky nebo celé kurzy. Podle typu LCMS je možné využít různé typy výstupů jako on-line kurzy, CD-ROM prezentace nebo tištěné materiály. Skladiště výukových objektů umožňuje vícenásobné použití stejného objektu v různých časech a pro rozličné účely. Nejčastěji jsou metadata výukových objektů ukládána ve formátu XML. XML zaručuje oddělení obsahu od programové logiky.
- Aplikace pro autory výukových objektů. Aplikace jsou používány pro vytváření obsahu objektu i popisu příslušných metadat. Autorská aplikace komunikuje se skladištěm výukových objektů. Umožňuje vytváření nových nebo úpravu stávajících objektů a jejich případné vzájemné propojování. Při vytváření výukových objektů musí autoři pracovat s předdefinovanými šablonami a dodržovat principy návrhu objektů. Pro vytváření obsahu kurzu mohou autoři využívat své, případně i cizí objekty.
- Dynamické rozhraní, které umožňuje předávání uživatelských objektů na základě parametrů, které jsou u objektu zadány. Uvedená komponenta dále slouží ke sledování cíle studenta, k propojení s adekvátními zdroji informací a umožňuje různé typy hodnocení. Ve většině případů je rozhraní tvořeno tak, aby mohlo být přizpůsobeno požadavkům organizace používající LCMS. Obsah může být například prezentován ve formě webové stránky s logem a designem univerzity.
- Aplikace pro administraci, která slouží ke správě studentů, kurzů a studijních materiálů. Řídí přístup k jednotlivým kurzům, zahajování kurzů a testů. Umožňuje evidenci studijních výsledků a aktivit.
- Přídavné moduly, které doplňují a rozšiřují další funkce. Mezi doplňkové funkce můžeme například zařadit komunikační nástroje, nástroje pro sdílení pracovní plochy, apod.

LCMS umožňuje provádět modifikaci obsahu pomocí změn, případně kombinaci výukových objektů. V případě, že jsou do LCMS doplněny informace o studentovi, může docházet k částečné adaptaci obsahu. Nejedná se však o adaptaci přesně na míru konkrétnímu studentovi.

LMS a LCMS jsou vyvíjeny samotnými univerzitami, firmami nebo komunitou vývojářů v rámci projektu GNU.

2.1.1 LMS a LCMS používané na českých školách

Při výuce na českých vysokých školách se nejčastěji využívají níže uvedené LMS a LCMS systémy:

- **CMS Moodle** – rozšířený výukový systém, který se zaměřuje především na prezentaci obsahu výukových materiálů a na komunikaci mezi studenty [i3]. Systém ve své současné verzi neobsahuje použitelné nástroje pro adaptivní formu výuky.
- **eDoceo** – standardní LMS systém, který obsahuje všechny nástroje potřebné pro řízení výuky [i4]. Aktuálně dostupná verze systému neobsahuje nástroje pro adaptivní formu výuky.
- **LMS iTutor** – komplexní e-learningová platforma. Umožňuje řízení celého procesu vzdělávání včetně vytváření vlastních výukových materiálů [i5]. Jedná se o komerčně zaměřený systém, který je svými vlastnostmi směřován především do oblasti korporátní sféry. Přestože se jedná o kvalitní propracovaný systém, neobsahuje nástroje pro adaptivní formu vzdělávání.
- **Systém AHA** – adaptivní hypermediální výukový systém [1]. Systém je založen na myšlence adaptivního webu. Adaptabilita systému je založena na cyklu jednotlivých fází adaptace, kdy AHA monitoruje chování uživatele, na jehož základě a s využitím informací o uživateli připravuje relevantně adaptovaný výstup. Systém při adaptaci nebere v úvahu psychologicko-pedagogické vlastnosti studenta, ale pouze informace o tom, jak daný student postupuje adaptovatelným materiálem. Nezohledňování psychologicko-pedagogických vlastností studenta je jednou z nevýhod systému AHA.

V současné době existuje řada dalších LMS systémů. Výběr LMS systémů byl zúžen na nejrozsáhlejší a nejpoužívanější LMS systémy.

Výše zmíněné LMS systémy přistupují k výuce pouze z pohledu prezentace vložených materiálů přesně tak, jak je autor vytvořil a vložil do systému. Výjimkou je systém AHA [1], který se snaží simulovat adaptaci. Jak již bylo uvedeno výše, systém AHA nebere ohled na vlastnosti a potřeby studenta, adaptace tedy probíhá jen ve velmi omezené míře.

V současné době neexistuje LMS ani LCMS systém, který by splňoval požadavky na vyšší úroveň adaptace, včetně zohledňování vlastností a potřeb studenta. Proto vznikla tato práce, která si klade za cíl vytvořit základ systému, který by adaptoval výukový proces jako celek, včetně respektování individuálních vlastností a potřeb studenta.

2.1.2 Současné adaptivní výukové systémy

Mimo výše zmíněných LMS a LCMS systémů, které se nejčastěji používají v rámci českých univerzit, existuje v současné době několik experimentálních metodologií a systémů zaměřených přímo na oblast adaptivní výuky.

METHADIS: Metodologie pro návrh systému adaptivních hypermédií

Autoři Marcela Prieto a Francisco García vyvinuli metodologii METHADIS [2] pro návrh e-learningových systémů zaměřených na personalizaci výuky. Metodologie

umožňuje vytvářet systém, který na základě stylu učení studenta umí provádět adaptaci obsahu.

Vlastní metodologie je rozdělena do tří úrovní s jednotlivými aktivitami. První úroveň reprezentuje definici výukové jednotky a skládá se ze dvou aktivit. První aktivita je definice výukového cíle, který musí být jasně specifikován. Dále se provádí definice obsahu a uspořádání vnitřní struktury. Na druhé úrovni se provádí výběr výukového stylu a analýza kognitivních stylů. Na poslední úrovni je na základě určeného učebního stylu provedena volba vhodného výukového materiálu.

Uvedená metodologie byla do současné doby ověřena pouze jednou případovou studií a nebyla implementována v praxi. Tato disertační práce si klade za cíl rozšíření oblasti, kterou se zabývá výše zmíněná metodologie a to zejména o další vlastnosti studentů, které nejsou přímo vázány na učební styl. Klade si za cíl řešit nejenom vhodný obsah, ale i jeho hloubku, formu a způsob výkladu podle potřeb jednotlivých studentů.

Feioo.net: Systém adaptující obsah a prezentaci výukových materiálů

Autoři Ruiz, M.P.P, Barriales, S.O. et al. vytvořili systém Feijoo.net [3, i6], který si klade za cíl adaptovat obsah a prezentaci výukových materiálů. Systém je založen na zkušenostní psychologii učení (problematika bude blíže popsána v dalších částech textu), které jsou zjišťovány pomocí dotazníku CHAEA. Obsah je přizpůsobován pouze akomodujícím a asimilujícím typům žáků, pro další styly je adaptace odvozována od dvou předcházejících. Systém obsahuje tři části - student, profesor a adaptivní jádro.

Student je zapsán do jednoho nebo více předmětů. Styl učení je určen na základě CHAEA dotazníku. Jakmile má jádro k dispozici informace o studentovi, provede studentovi předložení obsahu.

Profesor se stará o vytváření všech náležitostí k předmětu. Nejprve musí určit učební cíle, které musí student splnit na konci kurzu. Obecné cíle musí souhlasit s cíli na konci jednotlivých lekcí. Nakonec vytváří samostatný obsah jednotlivých lekcí.

Adaptivní jádro se stará o propojení a organizaci informací a je rozděleno do tří samostatných částí:

- POL: Programové řízení výuky (PrOgrammed Learning management).
- IOWA: Nástroj pro tvorbu adaptivního obsahu [5].
- VIC: Vizualizace obsahu

Nevýhodou uvedeného systému je způsob členění a strukturalizace výukových objektů. Výukové objekty ve formě lekcí se jeví jako nedostatečné. Podle posledních poznatků z oblasti stylů učení a vlastností studentů je žádoucí, aby byly výukové objekty děleny na výrazně menší části, které umožňují kvalitnější adaptaci přímo na míru jednotlivým studentům.

2.2 Proces učení, personalizace výuky

Na proces učení je možné se dívat z několika hledisek, proto také pro proces učení existuje řada definic. V této práci bude využíván pohled na učení tak, jak jej podává Mareš [7]. Učení je obecný pojem, který se dá studovat podle svého „nositel“: učení u živých organismů (od subhumánních až po člověka), učení u technických systémů

(učení automatů). Tato práce se bude zabývat pouze lidským učením, a to v situaci, kdy se jedinec učí s využitím počítačů.

Učení se dá zkoumat z několika hledisek:

- Podle předpokladů pro učení – jsou individuální pro každého jedince,
- Podle průběhu – jak dlouho jedinec studoval ucelený úsek, jaké musel překonávat obtíže,
- Podle výsledků učení – jaký výsledek měl proces výuky na jedince,
- Podle kontextu – jakou formu studia jedinec upřednostňuje.

V této práci se zaměřím především na vlastní průběh učení, proto použijeme „Kuličkovou definici učení“.

Definice:

Učení je proces, v jehož průběhu a důsledku mění člověk svůj soubor poznatků o prostředí přírodním a lidském, mění své formy chování a způsoby činnosti, vlastnosti své osobnosti obrazem sebe sama. Mění své vztahy k lidem kolem sebe a ke společnosti, ve které žije – a to vše směrem k rozvoji a vyšší účinnosti. K uvedeným změnám dochází především na základě zkušeností, tj. výsledků předcházejících činností, které se transformují na systém znalostí – na vědění. Jde přitom o zkušenosti individuální nebo o přejímání a osvojování zkušeností společenské.

Výrazný dopad na proces učení a jeho průběh má **personalizace výuky**. Při procesu učení je student ovlivněn řadou přímých i nepřímých faktorů, které mohou pozitivně i negativně ovlivnit učení. V ideálním případě by bylo vhodné, aby se vyučující věnoval každému studentovi samostatně, a to jak z hlediska přímé výuky, tak i při přípravě podkladů. Student má řadu vlastností, které ovlivňují přístup k učení i samotné učení. Jestliže jsou vlastnosti studenta při procesu učení zohledněny, dochází ke zkvalitnění výukového procesu a výuka se stává efektivnější pro studenta i učitele.

Při klasické prezenční výuce je obtížné přizpůsobit výuku i studijní materiály přímo na míru jednotlivým studentům. V oblasti e-learningu a elektronické formy výuky dnes můžeme vidět snahy o přizpůsobení výuky studentovi. Ve většině případů se jedná o sémantické přizpůsobení výukového materiálu bez ohledu na vlastnosti jednotlivých studentů. V současné době existuje řada již odzkoušených metod, které umožňují testovat a zjišťovat vlastnosti, potřeby a styly učení studenta. Postrádáme však metodologie a algoritmy, které by umožnily na základě zjištěných vlastností, potřeb a stylů učení přímou personalizaci výukového procesu.

2.3 Vlastnosti studenta, styl učení, dimenze inteligence

Student přistupuje k procesu učení jako individualita. Má řadu vlastností a potřeb, které více či méně ovlivňují proces učení. Můžeme pozorovat tři významné skupiny faktorů a to vlastnosti studenta, styly učení a dimenze inteligencí. Vlastnosti jednotlivých skupin se prolínají a navzájem ovlivňují [11].

2.3.1 Vlastnosti studenta

Řada z mnoha vlastností studenta má přímý vliv na proces učení. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny individualitou studenta i prostředím, ve kterém se nalézá.

Z první skupiny můžeme u studenta sledovat následující vlastnosti:

- **Motivovanost k učení** – na proces výuky má významný vliv to, zda je student dostatečně motivován. Student by měl mít dostatečnou motivaci pro studium, ale zároveň by neměl být přemotivován.
- **Fyzikální prostředí** – prostředí, ve kterém se student dobře cítí a je schopen se dobře soustředit na studium.
- **Emocionální prostředí** – souvisí úzce s motivací ke studiu, student má zájem se učit, protože tak splní přání rodičů.
- **Sociální prostředí** – charakteristika rodiny, prostředí a vztahů s okolím.
- **Psychofyzilogické prostředí** - situace, při kterých se student lépe soustředí, např. konzumace potravy, pohyb při učení.
- **Smyslový typ** – student může upřednostňovat některé způsoby, jak vnímá probíranou látku. Někteří studenti rádi pouze čtou, jiným vyhovuje doplnění textu o obrázky a další multimediální prvky. Ve většině případů u studenta nedominuje pouze jeden konkrétní typ, velmi často se setkáváme se situacemi, kdy se různé typy prolínají a doplňují.
- **Přístup k učení** – vlastnost významně se prolínající se stylem učení. Student může mít několik strategií, jak k učení přistupovat.
 - **Povrchový přístup** – student si z učiva vytváří celek, který je tvořen pouze konkrétními fakty, které nevyžadují složité úvahy. Když učivo nerozumí, naučí se ho z paměti. Učí se jen to, co chce učitel. Učivo se snaží reprodukovat mechanicky, aniž se mu snaží porozumět. Činí mu potíže se v učivu orientovat, třídit informace. Rozhodující je pro něj čas, který bude muset věnovat učení. Takto získané znalosti má student problém aplikovat v praxi nebo v situaci, kdy dojde i k mírné změně zadávaných příkladů. Tento typ studenta preferuje učení pomocí příkladů, kde se snaží rychle bez velkých souvislostí a teorie pochopit - „zapamatovat si“ určitý postup.
 - **Středový přístup** – student si při učení vytváří globální obraz učiva a navazuje na vědomosti již osvojené. Umí vybrat nejdůležitější pojmy, většinou umí najít vztahy mezi nimi. Zajímá se o daný předmět, učí se proto, že ho učení baví. Důležitá je pro něj úprava předložených informací (text, zápisy z výkladu učitele v sešitě). Preferuje učitelův výklad jako nejlepší způsob učení.
 - **Hlubkový přístup** – student se učí „globálně“, při učení si vytváří celistvý obraz. Při získávání nových informací navazuje na vědomosti již osvojené, umí je aplikovat. Vzorec, který má používat si raději odvodí, než by se ho naučil z paměti. Umí rozlišit nejdůležitější pojmy a najít mezi nimi vztahy. Předložené učivo doplňuje svými poznámkami, snaží se jít v dané problematice k podstatě problému.

Mareš [7] dále dělí studenty na **holisty** a **detailisty**. Člověk, který se učí, koná to, co by se za zjednodušujících podmínek dalo nazvat zpracováváním informací. Tento typ rozdělení se zabývá tím, jak člověk zpracovává získávané informace a jaké strategie používá, aby se v problému zorientoval a vyřešil jej co nejefektivněji.

Učení je zde chápáno především jako řešení problémů. Podle této teorie existují tři základní strategie učení: holistická (celková), detailistická (postupná) a pružná (kombinuje obě předchozí). Každá z nich může mít svou neproduktivní podobu. Holistický přístup se může zvrhnout ve světoběžnickou strategii, kdy se žák nezamýšlí nad problémem, nechává se svést povrchními analogiemi nebo ukvapeně zobecňuje. Detailistický přístup se zase může zvrhnout v úzkostlivou přepečlivost, kdy žák není schopen postupovat s nadhledem, ulpívá u detailů, nerozlišuje podstatné a vedlejší a nedokáže obsáhnout větší celky.

Lze rozlišit dva základní typy žáků: holisty a detailisty.

- **Holisté** jsou žáci, kteří se snaží uchopit učivo jako celek. Používají vhodných analogií, dokážou dobře zobecňovat na základě podobnosti i kontrastu, jsou schopni sami vytvářet nebo snadno používat velmi obecná pravidla. Jejich doménou je učení objevováním a vynalézáním.
- **Detailisti** jsou žáci, kteří postupují krok za krokem, postupně procházejí jednotlivými částmi učiva.

Detailisty lze ještě rozdělit do dvou podtypů. První podtyp je produktivnější. Postupuje velmi logicky, řídí se lokálními nebo operačními pravidly. K dalšímu učivu přejde teprve tehdy, až důkladně zvládne učivo předchozí. Často žádá učitele o radu, ke které další oblasti má přejít. Druhý podtyp je v učení méně produktivní. Učí se věci nazpaměť, umí postupovat jen předepsaným a nacvičeným způsobem. Zvládá pouze zkoušení, které staví na paměti, selhává při obměně zadání, při úlohách vyžadujících méně obvyklé postupy nebo samostatné myšlení.

Ani jeden z uvedených dvou základních typů však není sám o sobě výhodnější. Ke skutečnému porozumění a zvládnutí problému jsou potřebné obě strategie (holistická i detailistická). Jejich integrování přitom závisí na kontextu učení.

Ne všechny výše zmíněné vlastnosti jsou pro e-learning důležité nebo vhodné. V této práci se budou využívat zejména následující vlastnosti: *smyslový typ studenta, přístup k učení a dělení na holisty a detailisty*.

Jednotlivé vlastnosti studentů se nejčastěji testují pomocí dotazníků. Velmi často jsou využívány dva typy dotazníků v několika modifikacích, a to dotazník SPQ [12] a LSI [7, 8]. Dotazník SPQ je vhodné využít při testování žáků středních a vysokých škol. Dotazník se primárně nezaměřuje na zjišťování sociálních a rodinných vazeb. Tyto informace nejsou pro adaptaci výukového materiálu pro střední nebo vysoké školy tak důležité jako pro školy nižšího stupně. Dotazník LSI svým zaměřením spadá do oblasti základních a středních škol, část otázek se zaměřuje na sociální a emocionální vazby. Přesto řada vlastností, které lze pomocí dotazníku LSI zjistit, se jeví jako užitečné i pro adaptaci studijního materiálu v prostředí vysoké školy.

2.3.2 Kolbův cyklus dělení studentů

D. A. Kolb [14] se na proces učení zaměřuje z pohledu psychologie. Z pohledu psychologie se na proces učení můžeme dívat jako na cyklický proces, který je založen na lidské zkušenosti, přičemž se způsob učení mění s věkem studenta.

Žák podle této teorie zažívá konkrétní zkušenost se světem a se sebou. Vnímá je, pozoruje je a přemýšlí o nich i o sobě z různých hledisek. Výsledkem přemýšlení je tvoření abstraktních pojmů a zobecňování problémů. Žák následně užívá svých pracovních závěrů, zobecnění, pojmů v praxi a objevuje se i aktivní experimentování. Výsledkem je další zkušenost, která je bohatší a otevřenější. Cyklus takto pokračuje stále dokola.

Čtyři stavy výše zmíněného uceleného cyklu (získávání konkrétní zkušenosti, reflektující pozorování, abstraktní konceptualizace, aktivní experimentování) zkušenostního učení jsou vlastně čtyři způsoby zpracování informací či adaptování okolnímu světu. Za každým z nich v pozadí stojí odpovídající styl učení:

- **Prožívání** – jedná se o získávání konkrétních zkušeností,
- **Vnímání** – odpovídá reflektujícímu pozorování,
- **Myšlení** – odpovídá abstraktní konceptualizaci,
- **Konání** – odpovídá aktivnímu experimentování.

V případě, že si zavedeme dvouosý souřadnicový systém, můžeme provést znázornění žákem upřednostňovaného stylu učení. Dostáváme tak čtyři typy žáků.

První typ tvoří žáci **divergující**. Označení bylo zvoleno proto, že se jejich poznávání rozbíhá do mnoha stran. Tito žáci dokážou chrlit nápady, vymýšlet různé varianty řešení. Získávají poznatky konkrétními zkušenostmi, které pak zpracovávají přemýšlivým pozorováním. Jejich silnou stránkou je představivost, což jim umožňuje dívat se na věci a jevy z různých pohledů. Často se mezi nimi objevují emocionálně ladění žáci.

Druhý typ představují žáci **asimilující**. Dokážou vstřebávat a přepracovávat údaje, shrnout je do určitého celku. Získávají poznatky a zkušenosti abstrahováním, tvořením pojmů. Jejich síla spočívá ve vytváření teoretických modelů, používají abstraktní uvažování, zkoumání myšlenek a teorií. Naopak se nezajímají a nevyužívají praktické aplikace získaných znalostí.

Třetím typem jsou žáci **konvergující**. Uvažování těchto typů studentů se soustřeďuje a sbíhá. Dostanou-li úlohu, jsou schopni rychle dospět ke správné odpovědi. Získávají zkušenosti abstrahováním a tvořením pojmů. Jedná se nejčastěji o racionální typy žáků, dávající přednost styku s věcmi a přístroji před spoluprací s lidmi.

Čtvrtým typem jsou žáci **akomodující**. Dokážou se dobře přizpůsobit novým situacím a měnícím se okolnostem. Získávají poznatky konkrétními zkušenostmi a transformují je aktivním experimentováním. Jde o žáky, kteří mají tendenci riskovat, jsou netrpěliví, zbrklí a při řešení problému často postupují intuitivně. Často volí metodu pokusu a omylu. Jestliže se setkají s teorií, která podle jejich názorů není přesvědčivě doložena fakty nebo nemá bezprostřední uplatnění, odmítají se jí zabývat.

Při adaptaci v oblasti e-learningu je možné na základě vhodně určeného typu studenta provést modifikaci předkládané výukové látky dle potřeb studenta. Pro divergující typy studentů by studijní materiál mohl obsahovat více odkazů

na související materiály a více příkladů z praxe. Pro studenty asimilující by výukový materiál měl obsahovat více a podrobněji popsané teorie. Pro konvergující typy studentů by měl výukový materiál obsahovat větší počet praktických příkladů. Látka pro akomodujícího žáka by měla být zaměřena hlavně na fakta a příklady z praxe.



Obrázek 2: Typy žáku podle teorie zkušenostního učení

Teorie zkušenostního učení bere v úvahu proměny stylu učení s věkem studenta. Vychází se z teorie, že lidský život můžeme rozdělit do následujících tří etap.

První etapa, kterou nazýváme **získávání** zahrnuje období od narození do zhruba patnácti let. V této době člověk získává poznatky a základní dovednosti. V této době student preferuje konkrétní poznávání. Studentovo „já“ je spíše nevyhraněné a ponořené do světa, který jej obklopuje. Teprve v dospívání se z něj vědomě začíná vymaňovat.

Druhá vývojová etapa je označována jako **specializování** a týká se období zhruba od 16 do 40 let. Zde si již člověk vybírá životní zaměření, studijní směr a profesi. Dá se říci, že zde nachází své místo ve světě. Ve většině případů se spoléhá na více stylů učení. Projevují se zde životní zkušenosti.

Třetí vývojová etapa je označována jako integrování. Zahrnuje obdobní zhruba od 40let věku do konce života. Nastává zde rozpor mezi potřebou specializované kompetence a potřebou osobního završení.

Proměny stylu učení v čase mají především význam pro dlouhodobá e-learningová řešení. Jsou významné pro adaptaci kurzů v rámci celoživotního vzdělávání.

2.3.3 Vlastnosti definující učební styl

V [15] jsou analyzovány vlastnosti, které přímo souvisí s učebním stylem studenta. Autoři studovali publikovaná dělení studentů podle učebních stylů a analyzovali množiny používaných vlastností definujících učební styly. Z nich vybrali základní množinu vlastností. Ty byly dále ověřeny na základě vyhodnocování výsledků dotazníků za pomoci metod analýzy dat.

Vlastnosti ovlivňující učební styl jsou rozděleny na tři základní skupiny: preferovaný druh vnímání, sociální preference při učení a taktiky učení. Níže je uveden

přehled jednotlivých vlastností, včetně dotazníků, které byly pro jejich zjišťování použity.

Skupina vlastností s názvem **smyslové vnímání** popisuje, která forma informace studentovi nejvíce vyhovuje. Pro tuto skupinu vlastností byl použit při testování dotazník VARK [10]. Studenty je možné rozdělit do následujících skupin:

- **Verbální typ** - vnímání zaměřeno na informace reprezentované slovy. Není příliš překvapivé, že mnoho akademiků má silnou preferenci tohoto druhu vnímání. Tato preference zdůrazňuje textově založené vstupy a výstupy – čtení a psaní ve všech jeho formách. Lidé, kteří upřednostňují tento druh vnímání, často využívají internet, prezentace v PowerPointu, seznamy, slovníky a tezaury.
- **Vizuální typ** - druh vnímání zahrnující zobrazení informací na mapách, diagramech, tabulkách, grafech a různé symboly jako šipky, kroužky, obdélníky a další nástroje, které vyučující využívá k reprezentaci toho, co by mohlo být sděleno slovně. Tento druh vnímání by také mohl být nazván grafický, protože lépe vystihuje, co znamená. Nezahrnuje totiž filmy, videa nebo prezentace v PowerPointu. Zato zahrnuje náčrtky, schémata, diagramy a různá grafická ztvárnění, která jsou použita k zvýraznění a zprostředkování informací.
- **Auditivní typ** - tento druh vnímání zahrnuje všechny informace, které jsou slyšeny nebo mluveny. Student s touto preferencí vnímání se nejlépe učí od přednášejících, na tutoriálech, z mluvených nahrávek, skupinových diskuzí, emailů, použitím mobilního telefonu, mluvením, chatováním po internetu a přerškáváním si věcí. Tato vlastnost zahrnuje také samomluvu. Lidé s tímto druhem vnímání často chtějí řešit problémy rovnou pomocí mluvení, než aby si daný problém nejdříve uspořádali v hlavě a až poté o něm mluvili.
- **Kinestetický typ** – tato vlastnost je definována jako “upřednostňování vnímání souvisejícího s praxí (skutečnou nebo simulovanou) a zkušenostmi”. I když tyto zkušenosti mohou být spojeny s jinými druhy vnímání, klíčové je, že student s kinestetickou preferencí vnímání je spojen s realitou a to skrze konkrétní osobní zkušenosti, příklady, cvičení a simulace. To zahrnuje demonstrace, simulace, videa a filmy skutečných věcí, stejně jako případové studie a cvičení.
- **Multimodální typ** – ve většině případů není student konkrétním vyhraněným smyslovým typem. Často se jednotlivé typy prolínají. Obecně je student přizpůsobivý a využívá ten druh vnímání, který je pro danou situaci nejvhodnější.

Skupina **sociálních aspektů** se zabývá tím, jaká společnost studentovi při učení nejlépe vyhovuje. Student se může rád učit se spolužáky, s učitelem nebo sám. Pro testování této skupiny vlastností byl použit dotazník LSI [7, 8].

Skupina **afektivních vlastností** se zabývá pocity a postoji studenta, které ovlivňují průběh učení. Nejdůležitější vlastností z této kategorie je motivace, u které lze sledovat dvě složky: vnější a vnitřní. Zdrojem vnější motivace k učení jsou vnější podmínky např. pracovní požadavky, rodiče apod. Zdrojem vnitřní motivace k učení je student sám. Pro tuto skupinu vlastností byla použita část dotazníku LSI.

Nejrozsáhlejší skupinou vlastností jsou **taktiky učení**, které popisují způsob a průběh učení studenta. Systematičnost učení studenta popisuje pořadí učení, které může probíhat buď v postupně logicky navazujících krocích (pól řád) nebo téměř náhodně, bez spojitostí, po velkých skocích (pól volnost). Pro tuto vlastnost byla použita část dotazníku ILS [12].

Podle způsobu učení dělíme taktiky na teoretické odvozování, kdy student dává přednost důkladnému přemýšlení o nově nabytých vědomostech, a na taktiku experimentování, kdy si student raději nabyté poznatky aktivně vyzkouší, nejlépe v praxi. Pro tuto vlastnost byla použita část dotazníku ILS [12].

Podle postupu učení lze taktiku rozdělit na detailistickou, která se zaměřuje na malé části konkrétních informací, z kterých postupně skládá obraz celku, a na holistickou, která se zaměřuje na velké části abstraktních informací, od kterých se postupně propracovává až k detailům. Detailnější popis taktik byl uveden v textu výše. Pro tuto vlastnost byla použita část dotazníku TSI [16].

Pojetí učení studenta lze rozdělit na tři stupně: hloubkové, kde studentovým hlavním zájmem je porozumět učivu, strategické, ve kterém je studentovým cílem dosáhnout ve studiu efektivně co nejlepších výsledků a povrchové, kde se student snaží jen o splnění základních požadavků. Pro tuto vlastnost byl použit dotazník ASSIST [17].

Autoregulace učení určuje, nakolik je student schopen samostatně řídit své učení. Z toho pak vyplývá jeho potřeba vnější kontroly průběhu studia, kdy jednomu typu vyhovují přesné pokyny a druhý typ si své učení nejraději řídí samostatně. Pro tuto vlastnost byla použita část dotazníku LSI.

Při realizaci této práce budou využívány výsledky dotazníku, který testuje všechny výše zmíněné vlastnosti. V současné době se ve spolupráci s psychology pracuje na redukci počtu otázek, protože používaný dotazník je příliš rozsáhlý a může studenta při vyplňování odradit, což může vést ke zkreslené kvalitě odpovědí studenta.

2.3.4 Styl učení

Projev individuality studenta v různých situacích učení chápeme jako styl učení .

Definice:

Styly učení poukazují na svébytné způsoby zpracování psychických obsahů a vypovídají o individuálním organizování a řízení psychických procesů.

Obecně můžeme říci, že styly učení jsou pravidelností ve způsobu nebo formě lidské aktivity. Představují metakognitivní potenciál člověka. Jedná se o postupy učení, které student preferuje v určitém časovém období. Je důležité si uvědomit, že styl učení není využíván k samotnému pochopení obsahové stránky probíraného učiva, ale k chápání souvislostí mezi jednotlivými navazujícími celky. Student si ve většině případů styl učení přímo neuvědomuje a tudíž ani hlouběji neanalyzuje a nevyužívá. Často jej chápe jako samozřejmý postup při učení.

Přestože se oblast stylu učení z pohledu psychologického i pedagogického stále vyvíjí, jsme schopni v současné době styl učení diagnostikovat a využívat. Pro diagnostiku stylu učení můžeme používat dvě skupiny metod:

- **Přímé** – mezi přímé metody lze zařadit pozorování studenta při učení. Na základě tohoto pozorování může odborník relativně přesně určit styl učení, který je studentem používán.
- **Nepřímé** – tyto metody určení stylu vycházejí ze subjektivních výpovědí žáků o tom, co dělají, když se učí. Velmi často se pro určení stylu studenta nepřímou metodou používají dotazníky, které jsou časově méně náročné (není nutné trávit samostatně čas s každým studentem), ale mají nižší vypovídací hodnotu, než když je student dotazován v přímém rozhovoru s pedagogem.

Použití dotazníku se pro výuku formou e-learningu jeví jako výhodnější. Hlavní důvod je ten, že určení stylu učení může být prováděno plně automaticky. Přesto by měl mít tutor možnost vložit i výsledky získané přímou metodou. Každý výsledek bude možné ohodnotit vahou relevance. Tímto postupem může být výsledku, který tutor vloží ručně, zadán vyšší koeficient relevance, než výsledku, který byl získán elektronicky.

Každý člověk se v průběhu času mění. Proto jsou i styly učení proměnlivé v čase a je zcela běžné, že dochází k jejich prolínání nebo změně v průběhu života.

2.3.5 Dimenze inteligence

Podle J. Čapa aj. [11] je *intelligence* soubor poznávacích schopností účastníků se poznávání, učení a řešení problémů.

Podle H. Gardnera [18] je *intelligence* schopnost řešit problémy nebo vytvářet produkty, které mají v jednom nebo více kulturních prostředích určitou hodnotu. Na základě osmi základních znaků H. Gardner ukazuje, že každý člověk má více druhů inteligencí, které mohou být dále podporovány a sílit nebo být ignorovány a slábnout. Tyto znaky lze odvodit mj. na základě schopností člověka přijmout kodifikaci v symbolickém systému – jazyka, kreslení a matematiky.

Každý člověk má devět významných inteligencí (tento počet může být v různých kulturních prostředích obohacen o některé další). Každá samostatná *intelligence* musí obsahovat soubor schopností řešit problémy. Musí člověku umožnit vyřešení skutečných problémů a těžkostí, se kterými se setkává a v případě potřeby udělat něco účinného. Musí také obsahovat potenciál pro nalézání a vyřešení problémů, čímž dává základ pro získávání nových vědomostí.

Jednotlivé *intelligence* jsou umístěny v různých částech mozku a mohou pracovat samostatně nebo společně. Každý člověk má všech devět inteligencí v různém rozsahu a vyúsťují v různé intelektuální kompozice.

Teorie vícenásobné *intelligence* poskytuje způsob porozumění inteligencím jednotlivců. Při adaptaci výuky může být použita pro vytváření aktivit vhodných pro dosažení kvalitnějšího vzdělávání.

H. Gardner se spolupracovníky na základě široce založených psychologických a neurologických výzkumů původně vymezil sedm inteligencí, které později rozšířil na následujících devět:

- **Jazyková** - využívá se jako nástroj pro přijímání jazykem kódovaných informací a provádí jejich zpracování do podoby „vlastního jazyka“. Transformace nově nabytých znalostí do „vlastního slovníku“ studujícího představuje podstatnou stránku efektivity učení.
- **Matematicko-logická** - v procesu učení umožňuje využití systematického přístupu k analýze jevů. Pro realizaci systematického přístupu je využíváno několik seskupení otázek, které by si měl student klást k dosažení cílů učení.
- **Vizuálně prostorová** - sumarizace získaných znalostí formou prezentace myšlenkových nebo učebních map. Ideální je situace, kdy má student možnost sám myšlenkové nebo učební mapy vytvářet. Může si uspořádat informace způsobem, který mu dává smysl. Vazby mezi jednotlivými informacemi si student vytváří tak, aby bylo jasné patrné, které informace jsou méně nebo více důležité.

- **Tělesně pohybová** - podporuje uplatnění teoreticky získaných znalostí pomocí praxe. Fyzická aktivita napomáhá mnoha lidem více se soustředit na studovaný problém. V případě, že je student vybaven pomůckami pro manipulaci se studovanými předměty, pomáhají tyto předměty k přechodu do etapy tzv. vnější a postupně i vnitřní řeči, která je fází osvojení si abstraktních pojmů, definic.
- **Hudební** - báseň, píseň nebo reklamní slogan se lépe zapamatuje než úryvek textu. Jestliže to, co chceme říct, vyjádříme stručně a rytmicky, a jestliže pak slova spojíme s melodií, pak se slova stanou významnějšími a snáze zapamatovatelnějšími. Z teorie komunikace jsou známy poznatky o tom, že člověk si hůře pamatuje věci všední, obyčejné, nepropojené s nějakým emotivním zážitkem. Moderní technologie umožnily určit, kdy které části mozku pracují. Např. se zjistilo, že pracuje stejná oblast mozku, když uvažujeme matematicky nebo když provozujeme nebo posloucháme hudbu.
- **Interpersonální** - je využívána tehdy, když si studenti v diskusi vyměňují své osobní zkušenosti, názory a stanoviska k učivu. Diskuse mají být neformální, otevřené. Často je lze provokovat názorem, se kterým nemusí většina diskutujících souhlasit.
- **Intrapersonální** - její využití v procesu řízeného učení lze shrnout v tezi „zájem vytváří motivaci“. Jestliže se student zajímá o předmět, pak je motivován k učení.

Novum v oblasti inteligencí, se kterým Gardner přichází, je především jeho metoda a zdroj úvah, které vedou k rozdělení inteligencí. Vychází z výzkumů o vývoji, poruchách a anomáliích v myšlení, dále pak z poznatků o uspořádání mozku, čímž je více zaměřen na biologickou a evoluční podstatu problému. Je přesvědčen, že obzvláště díky neurobiologii je možno poznat, jak lidé rozvíjejí své kognitivní systémy a jak dosahují intelektových schopností. Navíc spojuje inteligenci přímo s jejím obsahem, tedy i s určitým druhem informace, který se ve světě objevuje – např. prostorové informace, apod.

Za poněkud slabší místo ve výše uvedené teorii se dá považovat její provázanost s neurobiologií. Problém je v tom, že v samotné neurobiologii se objevuje mnoho různých často protichůdných teorií. Úspěšně a prokazatelně popsat princip fungování mozku se zatím nepovedlo. Dále narážíme na problém vztahu inteligencí a osobností jednotlivce. Protože obor zkoumání inteligencí je teprve na počátku, probíhá i vývoj jednotlivých testovacích metod, které je možné pro určování typů inteligencí použít. Pro testování jsou využívány různé typy dotazníků, které nejsou zatím standardizovány.

V současné době se jako nejvýhodnější pro oblast e-learningu jeví využití následujících inteligencí: *matematicko-logická, vizuálně prostorová a intrapersonální*.

2.4 Výukový styl

Zmíněné vlastnosti studentů by se měly promítat do způsobu výuky. Výuka a její kvalita je úzce závislá na jejím učiteli, který by měl přizpůsobovat výuku aktuálním potřebám studentů. Výukový styl je ovlivněn osobností učitele a jeho snahou co nejefektivněji naučit. Různí učitelé učí různým způsobem a mají odlišný přístup k postupu výuky i formě výkladu. V průběhu své praxe si učitel osvojí určitý typ výuky,

který považuje za ideální. Z pohledu učitele je ideální výukový styl takový, který vyhovuje co největší skupině studentů. Při přímém kontaktu mezi učitelem a studentem má učitel k dispozici ihned zpětnou vazbu, která má zásadní vliv na proces výuky. V případě, že je potřeba některou část látky vysvětlit znova, může učitel použít různé formy výkladu, aby látku upřesnil.

U současné e-learningové formy výuky postrádáme okamžitou zpětnou vazbu. Studijní materiály jsou do výukových systémů vkládány v jedné lineární podobě, bez ohledu na potřeby studentů. Studenti se tak musí přizpůsobit konkrétnímu výukovému stylu učitele.

S využíváním individuálního stylu výuky v e-learningu se dnes setkáváme pouze ve velmi omezené míře. V literatuře se styly výuky v e-learningu nepopisují nebo jsou popisovány pouze obecně. Důvodem je stále probíhající výzkum v této oblasti a to zejména při aplikaci v již zmíněném e-learningu. Většina publikací rozděluje jen typy učitelů. Například dělení na typ autokratický, liberální, demokratický [21] nebo obdobné podrobnější dělení na styl direktivní, autoritativní, tolerantní a autoritativní, tolerantní, nejistý/tolerantní, nejistý/agresivní, represivní, učitel „dříc“ [22] apod.

Tato práce si klade za cíl zefektivnit e-learningovou formu výuky podle individuálních potřeb a aktuálních znalostí studenta. Proto v dalších kapitolách budou vypracovány způsoby, jak tvořit výukové opory, aby byly použitelné při adaptaci výukového procesu v e-learningové formě.

2.5 Expertní systém s datovou maticí

V předcházející části textu byla zmíněna řada vlastností, které je nutné u studenta sledovat a podle nich řídit průběh výuky.

Pokud předpokládáme možnost výskytu libovolné kombinace z těchto vlastností, pak pro n vlastností by šlo o n -dimenzionální prostor. Pokud bychom dále předpokládali jen 2 krajní hodnoty každé vlastnosti, bylo by teoreticky možných 2^n typů studentů. Protože budeme vycházet z analýzy [15], pak by šlo o $n=8$ a tedy o 256 typů studentů. Pokud připustíme více než 2 hodnoty každé vlastnosti (dimenze prostoru), šlo by ještě o podstatně větší počet typů studentů.

Takové množství variant výukových opor není reálné vytvořit a pravděpodobně všechny typy studentů nebudou stejně časté. Proto v první fázi definuji jen několik „častých“ typů studentů a pro ně budu definovat vhodné výukové styly.

Pro správu typů studentů a jejich vlastností použiji speciálního typu expertního systému, pracujícího s datovou maticí [24, 25]. Pro porovnání s klasickým expertním systémem uvedu nejprve klasickou definici a v následujícím odstavci popíši reprezentaci znalostí formou datové matice.

Definice expertního systému založeného na pravidlech:

Expertní systém chápeme jako počítačový program simulující rozhodovací činnost experta při řešení složitých úloh a využívající vhodně zakódovaných, explicitně vyjádřených speciálních znalostí, převzatých od experta, s cílem dosáhnout ve zvolené problémové oblasti kvality rozhodování na úrovni experta.

U konvenčních programů jsou znalosti expertů nejrozumnějším způsobem „roztroušeny“ v jednotlivých instrukcích programu, které se aplikují v předem stanoveném pořadí. U expertních systémů jsou znalosti experta vyjádřeny explicitně, v podobě tzv. báze znalostí, a předem je dána strategie využívání znalostí z této báze – řídicí mechanismus.

- **Báze znalostí** – obsahuje znalosti experta (případně expertů) potřebné k řešení zvoleného problému.
- **Řídicí mechanismus** má za úkol vyhodnocovat stav, který je ovlivněn expertními znalostmi uloženými v bázi znalostí a informacemi získanými z okolního světa.

2.5.1 Reprezentace znalostí formou osobních konstruktů

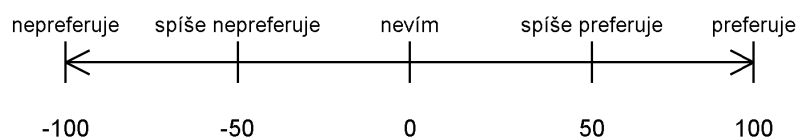
Datová matice umožňuje reprezentovat znalosti experta tak, aby reprezentace byla dostatečně přirozenou a přitom expresivní, umožňuje aplikaci efektivních deduktivních prostředků a zabezpečuje rychlý přístup k položkám v bázi znalostí i bázi dat.

Reprezentace znalostí formou datové matice vychází ze zkoumání psychologů, jak lidé rozpoznávají a třídí zkušenosti a klasifikují své okolí, a jak na základě toho předvídají budoucí jevy a řídí své jednání. Americký psycholog G. A. Kelly [28] popsal postupy, kdy člověk vytváří svou strukturu pojmů (tzv. psychologický prostor) a model svých znalostí jako tzv. systém osobních konstruktů.

Osobní konstrukty jsou šablony, které si člověk vytváří pro klasifikaci objektů reality a potom se do nich snaží zasadit skutečnosti, ze kterých se skládá svět. Používá k tomu dva pojmy: objekty jako oblasti zájmu (osoby, zvířata, věci, jevy, akce) a konstrukty jako vlastnosti objektů.

Konstrukt je tvořen dvěma protikladnými vlastnostmi, tzv. póly, které tvoří opačné mezní hodnoty atributu.

Psychologická vzdálenost mezi póly je rozdělena na stupně vyjadřující míru příslušnosti objektu k jednomu či druhému pólu. Střed škály znamená nevím, netýká se, proto je vhodné používat vícehodnotové stupnice s lichým počtem stupňů. Atribut je normalizován do škály <-100, 100>.



Obrázek 3: Psychologická vzdálenost mezi póly

Někdy je potřeba jemnější rozlišení informací, pak se zadává další parametr, **důležitost konstruktů**, kterým se může měnit vliv jednotlivých atributů při rozhodování.

Popsaný postup se od klasických expertních systémů, které se snaží modelovat expertovy myšlenkové pochody, liší tím, že modeluje přímo expertovu paměť (modeluje zkoumanou tematickou oblast jako psychologický prostor objektů a atributů).

V dalším budeme místo pojmu konstrukt používat klasický databázový pojem atribut – s vědomím speciální domény těchto atributů.

2.5.2 Realizace psychologického prostoru datovou maticí

Klasický expertní systém ukládá znalosti do „báze dat“ ve formě explicitně vyjádřených pravidel tvaru - *Jestliže <predpoklad> pak <dusledek>*

Při použití expertního systému realizovaného datovou maticí předává expert své znalosti v podobě modelu svého psychologického prostoru objektů a atributů, které jsou zaznamenány do **datové matice**.

Datová matice je zobrazení psychologického prostoru, kde v řádcích jsou objekty {O1, O2,} a ve sloupcích atributy {K1, K2,}

<i>Objekt \ Konstrukt</i>	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>...</i>	<i>Kn</i>
<i>O 1</i>	<i>50</i>	<i>-50</i>		<i>-100</i>
<i>O 2</i>	<i>75</i>	<i>0</i>		<i>0</i>
<i>...</i>				
<i>O m</i>	<i>100</i>	<i>-100</i>		<i>-75</i>

Obrázek 4: Datová matice

Hodnoty v tabulce znamenají, do jaké míry přísluší odpovídajícímu objektu jeden nebo druhý pól příslušného atributu.

Expertní systém bude využit jako základ správy typů studentů, jednoho z cílů této práce. Pomocí tohoto expertního systému se bude analyzovat každý „živý“ student a přiřazovat nejpodobnějšímu typu.

2.6 LMS Barborka

LMS Barborka [i13] je programový systém pro řízení výuky. Je vyvíjen na katedře informatiky VŠB-TU Ostrava. Systém Barborka se řadí do skupiny LMS, rozšířených o autorskou část. Jednou ze základních výhod a zároveň cílů je orientace systému Barborka přímo do sféry školství. Většina LMS je primárně určena pro nasazení ve firemní oblasti, z čehož vyplývá i jejich funkční zaměření. Systém Barborka umožňuje v plné šíři pokrýt oblast e- learningového vzdělávání v prostředí internetu.

LMS Barborka byl již v minulosti v několika podobách implementován. První verze vycházely z teorie programované výuky. Programovaná výuka umožňuje řízení výukového procesu podle aktuálních znalostí studenta. V předmětu se místo sekvenčně psaných textů (kapitol), mohou vytvářet lekce ve tvaru orientovaného grafu s výukovými, zpětnovazebními a testovacími uzly. Průchod studenta lekcí je řízen dle odpovědí studenta. Nevýhodou současné verze systému je to, že je schopen reagovat pouze na aktuální znalosti studenta. Systém zatím nezohledňuje vlastnosti studenta a jeho učební styly. Průchod lekcí je realizován tak, jak jej navrhl autor, není prováděna žádná autoadaptace.

Původní Barborka obsahovala jak autorskou, tak i řídicí část. Neobsahovala administrační a komunikační moduly, které nebyly při stávající implementaci a použití potřebné. Pro označení aktérů se používala terminologie Učitel a Student. Základním prostředkem pro sdělování informací bylo textové a grafické znázornění požadované informace.

Základem jak původního, tak i současného systému jsou tzv. komponenty - soubory textů, obrázků, výkresů, zvukových ukázek, animací a odkazů.

V současné době jsou provozovány dvě verze LMS Barborka a to verze 1.0 a 2.0. Verze 1.0 je plnohodnotným LMS, který je využíván pro výuku a zkoušení některých předmětů na katedře informatiky VŠB-TU Ostrava. V současné době se již verze 1.0 dále nevyvíjí a jsou prováděny pouze opravy a bezpečnostní aktualizace. Verze 2.0 je novou implementací LMS Barborka a rozšiřuje verzi 1.0 zejména ve studentské agendě.

Na verzi 2.0 navazuje vývojová verze 3.0, která je rozšířena o moduly pro adaptivní formu výuky. Cíle této práce budou implementovány do verze 3.0.

2.6.1 Autorská databáze LMS Barborka

Autorská databáze obsahuje veškeré informace o výukových objektech. Z pohledu LCMS je autorská databáze strukturovaným skladištěm výukových objektů. Pro uložení informací o objektech je využita SQL databáze. Do databáze jsou ukládána metadata výukových objektů i samotný obsah.

Výukový objekt je v LMS Barborka rozdělen na několik úrovní. Nejnižší úroveň tvoří komponenty. Komponenta obsahuje jednotlivé části výukového materiálu. Jedná se o nejnižší stavební prvek, který se v LMS Barborka nalézá. Komponenta se dále dělí podle formy obsahu. V současné době jsou používány následující typy komponent:

- **Text** – tvoří základ výukového materiálu. Může se jednat o prostý nebo libovolně formátovaný text.
- **Obrázek** – obrázky v různých grafických formátech. Protože výstupy ve formě výukových materiálů jsou zobrazovány v rámci www stránek, jsou podporovány zejména formáty používané na internetu.
- **Animace** – podporovány jsou animace ve formátu Adobe Flash.
- **Video** – videosekvence ve formátu AVI, MPG, atd....
- **Zvuk** – zvukové nahrávky ve formátu MP3 nebo WAV.
- **Program** – jednoúčelové výukové nebo testovací programy.

Výhodou použití komponent je strukturalizace obsahu a tím možnost využívat opakující se části obsahu bez nutnosti je opakovaně vytvářet.

Jednotlivé komponenty se skládají do vyšších celků, které se nazývají výkladové rámce. Výkladový rámec může obsahovat několik komponent různých typů. Obsah jednoho výkladového rámce by měl z didaktického pohledu tvořit ucelenou výkladovou jednotku. Rámce mohou být doplněny o otázky.

Kapitoly předmětu se skládají z výkladových rámců. Výkladový rámec může být v předmětu používán opakovaně.

Veškeré zmíněné objekty jsou uloženy v autorské databázi a popsány příslušnými metadaty.

3 CÍLE

Tématem této disertační práce je „Automatizované řízení adaptivní výuky v e-learningu podle stylů učení studenta“. K úplnému vyřešení tohoto tématu je zapotřebí navrhnout, zpracovat a implementovat následující 3 úlohy:

- implementovat definované **učební styly** studentů a způsoby jejich rozpoznání,
- navrhnout a implementovat strukturu výukových opor tak, aby byla možná jejich adaptace různými **výukovými styly**,
- navrhnout a implementovat algoritmus **automatického řízení výuky**, který by každému studentovi vybíral nejvhodnější způsob předkládání výukových opor.

Existující LMS individualizovanou výuku s adaptovatelným obsahem neumožňují.

Z předcházející kapitoly je zřejmé, že se na částech této problematiky teoreticky pracuje již dlouho. Především otázka učebních stylů a jejich klasifikací, definování studentových vlastností, z nichž je možno učební styl určit, je teoreticky zpracována mnoha autory – pedagogy.

Výukové styly jsou v literatuře zpracovány také, ale téměř výhradně se zabývají tzv. frontální výukou, výukou třídy či skupiny studentů. O individuální výuce a rozdílném způsobu výkladu vyučované látky rozdílným typům studentů se v literatuře prakticky nepíše.

Na VŠB-TU a OU se na problematice individuální e-learningové výuky pracuje již několik let. Protože jde o rozsáhlou výzkumnou problematiku, přesahující svým rozsahem jednu disertační práci, je celý vývoj rozdělen do několika částí vzájemně úzce souvisejících a spolupracujících.

Disertace ing. Fasugy [40] se zabývala návrhem struktury autorské databáze, schopné reagovat na různé typy studentů z hlediska jejich smyslového vnímání a zpracování informací. Předpokládala znalost těchto informací o studentovi, navrhla a realizovala jednoduchý řídicí adaptivní algoritmus. Neřešila strukturu výukových materiálů s možností jejich automatického skládání do optimální formy pro individuální výuku.

Tato práce využije dále známých teoretických psychologických a pedagogických znalostí:

- o učebních stylech a vlastnostech studentů tyto styly definujících [41],
- o způsobech zjišťování vlastností studentů pomocí vhodných dotazníků [42],
- o struktuře výukových opor umožňujících adaptivitu výkladu [43].

Cílem bude návrh struktury metadat ke studentské i autorské části, implementace obou částí a především návrh, implementace a otestování základních pravidel pro adaptivní řízení výuky.

Na tuto práci bude navazovat další disertace Ing. Ondřeje Takáče, který bude řešit složitější algoritmy plynoucí z konfliktních situací při adaptivním řízení a bude řešit zpětnou vazbu do autorské databáze i do studentských charakteristik.

Nyní můžeme přesněji definovat cíle této práce.

Hlavní cíl práce: Navrhnout automatické řízení adaptivní elektronické výuky a ověřit jeho funkčnost a účinnost.

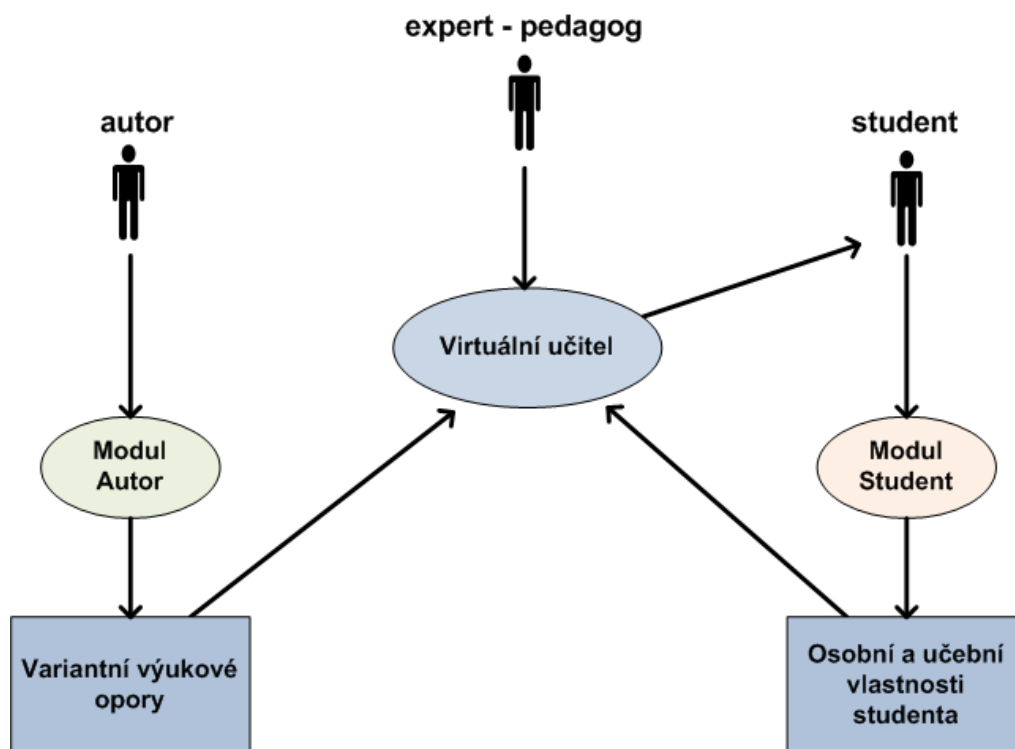
Dílčí cíle práce:

1. Navrhnout a implementovat struktury dat pro uložení informací o jednotlivých studentech. Použít vlastnosti definující učební styl podle [41]
2. Definovat virtuálního studenta, navrhnout a implementovat datovou strukturu a funkce pro práci s virtuálními studenty. Využít k tomu speciální typ expertního systému [24] založeného na modelu psychologického prostoru objektů a jejich vlastností.
3. Navrhnout a implementovat datové struktury pro uložení výukových opor a jejich metadat o variantách a vrstvách výukových opor. Využít logický návrh struktury autorské databáze výukových opor, zpracovatelných v mnoha zaměnitelných variantách.
4. **Navrhnout obecnou formulaci pravidel**, definujících mapování vlastností studenta na výběr a pořadí vhodných variant a vrstev výukových opor. Navrhnout a implementovat k nim vhodné datové struktury a funkce.
5. Na základě zjištěných informací o studentově učebním stylu **definovat** pro něj **optimální výukový styl**.
6. Na základě zjištěného optimálního výukového stylu pro studenta a informací o existujících variantách dílčích částí výukových opor **navrhnout a implementovat adaptivní algoritmy pro automatické řízení výuky** optimalizované vzhledem k individuálním vlastnostem virtuálního studenta.
7. Na konkrétních příkladech zpracovaných pro adaptovatelnou výuku ověřit funkčnost automatického řízení výuky a její účinnost.

4 TEORETICKÝ MODEL SYSTÉMU ADAPTIVNÍ VÝUKY

Realizovaný systém pro adaptaci výuky vychází z teoretických základů a předpokladů, které byly zmíněny v kapitole 2. Protože však v literatuře adaptivní výuka podle učebních stylů studentů dosud řešena není, je nutno řadu aspektů této problematiky analyzovat, navrhnout, implementovat a otestovat.

Nejprve se zaměříme na učební styly studentů, potom jim vyhovující strukturu výukových materiálů a závěrem na tzv. virtuálního učitele, tedy řídicí program, reflektující individualitu studenta a vybírající pro něho optimální výukový styl.



Obrázek 5: Systém adaptivní výuky

4.1 Učební styly

Na straně studenta v subsystému Student je třeba vyřešit následující úlohy:

- definovat seznam atributů definujících styl učení + atributy osobní,
- vybrat seznam otázek dotazníku, zjišťujícího učební styl studenta,
- zvolit flexibilní řešení počtu otázek dotazníku i počtu vlastností studenta,
- vyřešit problém velkého množství typů studentů, definovat virtuálního studenta a funkce s ním spojené.

Prvním krokem na cestě k adaptaci výukového materiálu je zjišťování a analýza vlastností studenta a určení jeho učebního stylu.

Pro zachování autonomnosti adaptivní části zjišťuje výukový systém informace o vlastnostech studentů a jejich učebních stylech formou dotazníků nebo testů. Tutor nemusí do procesu získávání informací o vlastnostech studentů vstupovat. Přesto

je adaptivní část navržena tak, aby v případě potřeby mohl tutor provádět dodatečné „ruční“ změny v informacích, které systém o studentech eviduje.

4.1.1 Evidovaná data o vlastnostech studentů

Vlastnosti studentů, které určují jejich učební styl, se zjišťují pomocí sady dotazníků (přehled publikovaných ověřených dotazníků je uveden v kapitole 2.3.3, ukázky některých dotazníků jsou uvedeny v příloze A).

Protože původní dotazníky jsou velmi rozsáhlé a zjišťují i vlastnosti, které pro e-learning nejsou potřebné nebo ovlivnitelné (například preference denní doby, osvětlení pracovního stolu, poslech hudby apod.), byl ve spolupráci s psychology z Ostravské univerzity vyvinut dotazník kratší a zjišťující potřebné vlastnosti.

Pro svou práci vycházím z vlastností definovaných v [41] a zjišťovaných pomocí dotazníku z OU. Provádí se zjišťování, analýza a vyhodnocování vlastností z následujících oblastí:

- preferovaný druh smyslového vnímání
- afektivní vlastnosti – motivace ke studiu
- sociální preference při učení
- taktiky učení.

Z průběhu diskuzí o vhodných dotaznících, počtu jejich otázek, klíči k vyhodnocování dotazníku, počtu a seznamu evidovaných vlastností studenta vyplynul následující požadavek:

Systém pro sběr, vyhodnocování a evidenci dat o studentovi musí být navržen tak, aby mohl být kdykoliv bez ztráty dat a informace libovolně modifikován nebo rozšířen o další atributy.

Prostředí je navrženo pro autonomní provoz, data o studentovi jsou zjišťována automaticky pomocí dotazníků. Používané dotazníky je možné vyhodnocovat podle příslušných klíčů bez přítomnosti lidského faktoru. Protože vlastnosti studenta nejsou konzistentní po celou dobu studia, jsou dotazníky studentovi předkládány opakovaně. V průběhu času dochází k úpravě a korekci informací, které systém o studentovi eviduje. Používané dotazníky mohou obsahovat několik variant otázek, které zjišťují konkrétní vlastnosti. Větší variabilitou otázek je dosaženo toho, že se dotazník „neokouká“ a student je nepovažuje za samozřejmost a formalitu, což by mělo negativní dopad na relevantnost jeho odpovědí.

4.1.2 Popis evidovaných vlastností

Použitý zkrácený dotazník obsahuje **31** otázek a klíč k vyhodnocení celkem **13** vlastností (viz příloha A). V této práci používaná struktura dat pro evidenci odpovědí na otázky je

Dotaz_odpovedi (odp1, odp2, ..., odp31)

Pro uložení vyhodnocovacího klíče je navržena struktura

Vyhod_klic_dotaz (...)

Obě struktury jsou součástí diplomové práce [39] a jsou implementovány do LMS Barborka. Zde využívám jen výsledku jejich vyhodnocení. Tímto výsledkem je následující seznam vlastností, spadajících do 4 oblastí:

Oblast - **preferovaný druh vnímání:**

- Verbální typ
- Vizuální typ
- Auditivní typ
- Kinestetický typ

Protože většina studentů má kombinovaný, multimodální typ vnímání, bude se smyslový typ evidovat čtveřicí hodnot

$$MStFormy = \{Sver, Sviz, Saud, Skin\}, \text{ kde každá z hodnot je z intervalu } <0, 100> \\ \text{a platí } Sver + Sviz + Saud + Skin = 100$$

Oblast – **afektivní vlastnosti – motivace ke studiu**

- Nemotivovanost / motivovanost při učení

Motivace studenta nabývá hodnot $MStAfek \in <-100, 100>$

Oblast – **sociální preference při učení:**

- Učit se sám / učit se s učitelem / učit se s kamarády

Sociální preference studenta nabývají hodnot $MStSoc \in <0, 100>$

Oblast – **taktiky učení:**

- Sekvenční / globální styl $MStSyst \in <0, 100>$
- Preference Experimentů $MStExp \in <0, 100>$
- Preference Teoretického odvozování $MStTeor \in <0, 100>$
- Holistický přístup $MStHol \in <0, 100>$
- Detailistický přístup $MStDetail \in <0, 100>$
- Hlubkový / Strategický / Povrchový přístup k učení $MStHloub \in <-100, 100>$
- Autoregulace, míra samostatnosti $MStAutoreg \in <-100, 100>$

V této práci se pro adaptaci nepředpokládá využití všech získaných vlastností, protože jde o velmi náročný pedagogicko-psychologický způsob využití, který dosud nebyl v plné šíři zkoumán. V dalším budu používat pouze některé vlastnosti, především smyslové, pojetí studia z hlediska hloubky = pojetí studia a motivace.

Celkem tedy na straně studenta bude evidováno:

identifikátor	doména	popis	poznámka
jmeno			
login			
...			
{ver, viz, aud, kin}	<0, 100>	smyslové vnímání	suma = 100
MStAfek	<-100, 100>	motivace ke studiu	
MStSoc	<0, 100>	sociální aspekt, studuje sám – ve skupině	
MStSyst	<0, 100>	systematičnost studia sekvenční – heuristické	
MStExp	<0, 100>	experimentální způsob zpracování informací	
MStTeor	<0, 100>	teoretický způsob odvozování informací	
MStHol	<0, 100>	holistický postup zpracování informací	
MStDetail	<0, 100>	detailistický postup	
MStHloub	<-100, 100>	pojetí studia hlubkové – povrchové	
MStAutoreg	<-100, 100>	schopnost autoregulace, míra samostatnosti	

4.1.3 Virtuální student

Jak již bylo diskutováno v odst. 2.5, pro n studentských vlastností jde u každého studenta o kombinace hodnot (odpovídajících různým typům studentů) v n -dimenzionálním prostoru. Takových je velmi vysoké množství a přirozeně není možno všechny typy ani teoreticky analyzovat a pojmenovat. Samozřejmě je nereálné vytvářet pro každý typ jinou variantu výukové opory.

Proto zavádíme pojem Virtuální student, který bude charakterizovat skupinu „podobných“ studentů. Zavedením virtuálních studentů mohou autoři vytvářet studijní materiály jen pro definované virtuální studenty a nemusí řešit všechny možné typy studentů. Postupně se počet virtuálních studentů může upravovat podle četnosti výskytů jednotlivých typů.

Definice

Virtuální student definuje vlastnosti a učební strategie skupiny podobných studentů.

Každý reálný student je přiřazen k nejpodobnějšímu virtuálnímu studentovi. Adaptace výukového procesu probíhá ne podle konkrétního reálného studenta, ale podle virtuálního studenta.

4.1.4 Rozdělení a popis virtuálních studentů

Ideální postup pro definování virtuálních studentů by vycházel ze skutečnosti. Otestováním velkého množství studentů a použitím shlukovacích metod by se našly nejpočetněji zastoupené skupiny podobných reálných studentů. Ty by pak definovaly počáteční virtuální typy. Takový průzkum byl proveden v [39], ale popsáním postupem zatím nebyly nalezeny zřetelné početné shluky.

Proto počáteční definování virtuálních studentů bude prováděno „ručně“ expertem pedagogem. V tom případě se může stát, že vybrané vlastnosti nebo vybrané typy studentů nebudou dobře pokrývat různorodou realitu. Proto analýza vlastností i typů studentů by měla být součástí subsystému Student. A to nejprve při počátečním nastavení typů, později analýzou chování skutečných studentů, procházejících e-learningovými kurzy.

Aktuálně je nadefinováno pět typů virtuálních studentů (po konzultaci s odbornými pedagogy), definovaných hodnotami atributů. Každému typu virtuálního studenta vyhovuje odlišný typ výukových materiálů. Přehled jednotlivých typů virtuálních studentů je uveden v tabulce níže. Z výše definovaných atributů uvádíme jen ty, které budeme v dalších kapitolách používat pro adaptaci.

Virtuální student	Hodnoty vlastností, charakteristika
V1	$MStFormy = \{100,0,0,0\}$ $MStHloub = 75$ $MStAfek = 100$ Typ verbální, velmi motivovaný, s relativně dosti hloubkovým pojetím studia.
V2	$MStFormy = \{0,100,0,0\}$ $MStHloub = 50$ $MStAfek = -50$ Typ vizuální, bez zájmu - motivace, se strategickým, úsporným pojetím studia.
V3	$MStFormy = \{0,0,100,0\}$ $MStHloub = 0$ $MStAfek = 50$ Typ auditivní, středně motivovaný, s velmi úsporným pojetím studia.
V4	$MStFormy = \{0,100,0,0\}$ $MStHloub = -50$ $MStAfek = 75$ Typ vizuální, hodně motivovaný, s velmi povrchním pojetím studia.
V5	$MStFormy = \{30,30,30,10\}$ $MStHloub = 50$ $MStAfek = 50$ Typ multimodální, dost motivovaný, se strategickým, úsporným pojetím studia.

Tabulka 1: Rozdělení a popis virtuálních studentů

4.1.5 Přiřazení reálného studenta ke studentu virtuálnímu

Jak již bylo uvedeno, adaptace se neprovádí pro reálné studenty, ale pro virtuální studenty. Proto je potřeba provést přiřazení konkrétního reálného studenta ke konkrétnímu virtuálnímu studentovi.

V ideálním případě by přiřazení měl provést odborník z oblasti pedagogiky a psychologie. Odborník vede dialog se studentem a na základě získaných informací může provést zařazení studenta.

Při výuce pomocí e-learningu je použití živého odborníka nevhodné, protože je potřeba proces automatizovat. Pro automatizaci využijeme výše uvedeného typu expertního systému. Ten bude v rámci této práce navržen a realizován.

Expertní systém bude simulovat rozhodování odborníka (pedagoga a psychologa) a přiřazovat reálného studenta vhodnému studentu virtuálnímu. Vstupem expertního systému budou vlastnosti reálného studenta, které byly popsány v předcházející části, výstupem bude vybraný typ virtuálního studenta.

Další funkcí systému bude automatické vyladování typů virtuálních studentů. Analýzou vlastností se budou detekovat případné vztahy mezi vlastnostmi.

Podrobněji budou funkce expertního systému popsány v následujícím odstavci.

4.1.6 Využití expertního systému nad datovou maticí

Expertní systém využívá dvě datové tabulky. V první jsou uloženi reální studenti a ve druhé studenti virtuální. Sloupce tabulek jsou shodné a jsou tvořeny vlastnostmi – atributy studentů. Každý atribut může nabývat hodnot určených jeho doménou, uvedenou v datovém slovníku níže. Tabulku s virtuálními studenty nazýváme repertoárovou tabulkou.

Cílem je vytvořit nad repertoárovou tabulkou **bázi znalostí**, která bude řešit úlohy podobně jako expert – odborný pedagog. Bude to báze, v níž jsou pravidla směřující od předpokladů, kterými jsou osobní konstrukty, k cílovým uzlům, závěrům, kterými jsou objekty.

Každé pole repertoárové tabulky definuje jedno pravidlo typu:

Jestliže je přítomna vlastnost A_j , pak jde o objekt O_i s váhou V_k

Do datové matice v této práci byly zařazeny pouze ty vlastnosti, které se aktuálně využívají pro proces adaptace. Systém je navržen tak, aby bylo možné v budoucnu dynamicky vlastnosti přidávat.

V této práci je využíváno následujících 6 vlastností:

Atribut	Vlastnost	Doména	Poznámka
Smyslové vnímání			suma = 100
ver	Verbální	<0;100>	
viz	Vizuální	<0;100>	
aud	Auditivní	<0;100>	
kin	Kinestetický	<0;100>	
Pojetí učení – hloubka studia			
MStHloub	Povrchový, Středový, Hloubkový	<-100;100>	-100 = z paměti -50 = povrchový 0 / 50 = střední 100 = hloubkový
Afektivní aspekt			
MStAfekt	Motivace	<-100;100>	-100 = odpor -50 = nezájem 0 = jedno 50 = zájem 100 = velká motivace

Tabulka 2: Vlastnosti studentů

Pro výše definované virtuální studenty by tabulka vypadala následovně.

V-Student	ver	viz	aud	kin	MStHloub	MStAfekt
V1	100	0	0	0	75	100
V2	0	100	0	0	50	-50
V3	0	0	100	0	0	50
V4	0	100	0	0	-50	75
V5	30	30	30	10	50	50

Tabulka 3: Ukázka repertoárové tabulky virtuálních studentů

Nad repertoárovou tabulkou virtuálních studentů jsou navrženy následující analýzy a funkce:

1. Analýzy pro podporu expertem vyplněné repertoárové tabulky

- **Analýza implikací**

Slouží pro nalezení všech dvojic logicky totožných pravidel ve tvaru implikací, které mohou podle informací v datové matici platit.

Implikace mohou mít např. tento tvar:

- kladný pól prvního atributu \Rightarrow kladný pól druhého atributu
- záporný pól druhého atributu \Rightarrow záporný pól prvního atributu

Nalezené shody jsou předloženy expertovi k posouzení. Expert shodu buď potvrdí a pak je toto pravidlo jako „vnitřní“ pravidlo přiřazeno k již existujícím pravidlům. Nebo expert shodu nepotvrdí a pak je vyzván k případnému doplnění dalšího objektu, který by zdánlivé pravidlo vyvrátil. Tak je prostřednictvím expertního systému kontrolován dostatečný počet objektů k pokrytí sledované reality – dostatečný počet virtuálních studentů.

- **Analýza shodných objektů**

znamená nalezení objektů, které mají ve všech attributech stejné nebo blízké hodnoty, porovnání se provádí procentuelně. Ve výsledku se uvádějí shody dvojic objektů nad 80%. Expert může zadat novou vlastnost, která oba objekty rozliší.

Procentuelní shoda dvou objektů O_i a O_j (z celkového počtu n objektů popsanych konstrukty) se vypočítá podle vztahu

$$O_{ij} = \sum_{a=1}^n \left(1 - \frac{|S_{ia} - S_{ja}|}{2 \times S_{\max}} \right) \times \frac{100}{n}$$

kde

O_{ij} shoda pro i -tý a j -tý objekt

S_{ij} váha z datové matice. Indexy značí, pro který objekt a atribut je váha brána (i -tý objekt a j -tý atribut).

n počet atributů pro výpočet shody objektů.

S_{\max} maximální váha obsažená v datové matici.

- **Analýza shodných atributů**

Znamená obdobné nalezení dvojic shodných či velmi podobných atributů. I řešení je obdobné, expert může přidat objekt, který má rozdílné hodnoty vypočtených atributů.

2. Funkce přiřazení reálného studenta ke studentu virtuálnímu

Přiřazení reálného studenta virtuálnímu se provádí nalezením nejpodobnějšího virtuálního typu podle vzorce (shoda objektů v procentech):

$$VS_{ij} = \sum_{a=1}^n \left(1 - \frac{|V_{ia} - V_{ja}|}{2 \times V_{\max}} \right) \times \frac{100}{n}$$

kde

VS_{ij}	shoda virtuálního typu pro i-tý a j-tý řádek
V_{ij}	váha z datové matice. Indexy značí, pro který virtuální typ a vlastnost je váha brána (i-ty virtuální typ a j-tá vlastnost).
n	počet vlastností pro výpočet shody virtuálního typu.
V_{\max}	maximální váha obsažená v datové matici.

4.2 Výukové opory a jejich struktura

V kapitole 2. bylo zmíněno, že každý autor má určitý výukový styl. Styl výuky se projevuje nejen v samotném výkladu, ale i při přípravě výukových opor. Autor připravuje výukové opory tak, aby je následně mohl používat. Příprava výukových opor tak vychází z výukového stylu autora. Někteří autoři preferují více teorie, jiní dávají přednost mnoha praktickým příkladům apod.

Struktura výukových opor v současném e-learningu je podobná struktuře výukových opor, určených pro klasickou formu výuky. E-learningové výukové opory bývají navíc doplněny o multimediální a interaktivní výukové prvky, testy apod.

Aby mohla být výuka adaptována, musí být opory zpracovány tak, aby se různým studentům předkládaly v různé podobě. Jednou z možností je, že autor vytvoří řadu různých učebnic téže výukové látky, přičemž použije pokaždé jiný výukový styl. Tento přístup není příliš vhodný. První důvod je ten, že autor s vlastním osobitým stylem výkladu se bude špatně přizpůsobovat mnoha zcela jiným výukovým stylům. Druhý důvod je v tom, že typů studentů je velmi mnoho (viz kapitola 4.1.) a vytvořit pro každý typ nový výukový styl je naprosto nereálné.

Je nutné zvážit jiný přístup. Zvážíme vlastnosti studentů, ovlivňujících jejich učební styl a budeme analyzovat, čím by se výuka měla lišit v závislosti na přítomnosti nebo nepřítomnosti jednotlivých vlastností.

Vyjdeme od malých částí výuky, malých odstavců, jak doporučuje i teorie distanční výuky. Největší rozdíly ve formě opor budou dle typu smyslového vnímání studenta. Autor by měl vytvořit **varianty** každého odstavce s vysokou mírou textu (pro verbální typ), obrázků, grafů, tabulek, videí, animací (pro vizuální typ), mluveného slova, audionahrávek, komunikací, diskuzí (pro auditivní typ) či tvůrčích úloh, konstrukcí apod. (pro kinestetický typ). Vytvořit takovéto 4 varianty nebude pro autora problematické.

Jiné dělení variant bude podle míry „chápavosti“ či pojetí studentů – hloubkové, strategické, povrchní. To zná každý učitel: některému studentovi stačí běžný výklad, jinému je zapotřebí vysvětlit látku pomaleji, podrobněji, s více příklady. Ještě jinému, aby se nenudil, naopak bude vhodné dát k dispozici i rozšiřující informace, návaznosti na jinou problematiku apod. Vytvořit 3 varianty výkladu rozlišené touto „hloubkou“ také nebude pro autora problémem. Každá z nich v různých výše zmíněných smyslových variantách.

Existuje však řada dalších vlastností, ovlivňujících učební styl. Nebude možné rozmnožovat další a další varianty. Zvažme, čím se výklad pro další vlastnosti liší.

Teoreticky dobře připravený studijní typ bude preferovat obvyklý klasický výklad v pořadí teorie – vysvětlení – příklady – kontrolní otázky a úlohy. Nemotivovaný student bude potřebovat nejprve motivaci ke studiu třeba formou motivačních praktických řešených příkladů – potom vysvětlení principů řešení – teprve potom teorii – kontrolní

úlohy. Student bez schopnosti autoregulace bude potřebovat podrobný návod, vedení, co studovat či dělat nejprve, co potom. Student holistický bude potřebovat nejprve stručný „nadhled“ o celé kapitole, a potom teprve postupné přecházení k detailním informacím.

Všimněme si, že výklad pro všechny příklady různých typů studentů se liší hlavně **pořadím** dílčích částí výkladu každé varianty. Nazveme tyto dílčí části **vrstvami** variant a dále provedeme analýzu typů vyskytujících se vrstev.

Tato úvaha je v souladu s definicí „Vyučovací metody“ z [50]:

Vyučovací metoda: *Postup, cesta, způsob vyučování. Charakterizuje činnost učitele vedoucí žáka k dosažení stanovených vzdělávacích cílů. Existují různé klasifikace metod, např.*

- *podle fází vyučovacího procesu (utváření, upevňování, prověřování vědomostí),*
- *podle způsobu prezentace (slovní, názorné, praktické),*
- *podle charakteru specifické činnosti (metody uplatňované v jednotlivých vyučovacích předmětech).*
- *obecné třídění metod výuky je podle způsobu interakce mezi učitelem a žáky: frontální, skupinové, individuální, ...*

První dvě klasifikace této definice formulují jednak fáze vyučovacího procesu, které v našich úvahách dále strukturalizujeme pomocí vrstev, jednak uvádějí způsob prezentace, odpovídající naší kombinaci smyslových forem a vrstev.

V následujících odstavcích budou tyto úvahy upřesněny definicí výukového stylu a návrhem vhodné datové struktury pro jejich evidenci i pro doprovodné informace – tzv. metadata.

4.2.1 Struktura výukových opor

Výukové opory tedy budou strukturovány velmi podrobně, aby vhodným výběrem variant výkladu a volbou vhodného pořadí jednotlivých vrstev bylo možno adaptovat výukový styl na míru studentovi.

Strukturu opor a její jednotlivé prvky nyní popíšeme podrobněji.

Tato práce vychází z následujícího vnitřního dělení výukových opor:

- **Předmět** – je nejvyšším celkem výukového materiálu; předmětem chápeme jednosemestrální celek na VŠ nebo roční předmět na SŠ; předmět se dále dělí na lekce. Pro předmět budeme evidovat jeho *id_předmět, název, příslušnost ke studijnímu oboru, zařazení do ročníku atd.*
- **Lekce** – je jedna výuková jednotka odpovídající jedné přednášce na VŠ nebo jedné vyučovací hodině na SŠ. Nemusí odpovídat kapitole z učebnice, protože rozsahy kapitol mohou být velmi rozdílné. Lekce se dále dělí na již zmíněné základní jednotky informace, které zde nazveme rámci. Pro lekci budeme evidovat její *id_lekce, název, příslušnost k předmětu, případně informaci o potřebném čase k prostudování.*
- **Rámec** – část lekce obsahující jednotkovou výukovou informaci; na této úrovni se budou analyzovat varianty výkladu i vrstvy tohoto výkladu. Bližší popis výkladového rámce bude uveden v následujících odstavcích. Pro tzv. základní rámec, tedy jeho obsahovou náplň, budeme evidovat *id_ramce, název, příslušnost k lekci, časovou náročnost a obsahovou náročnost podle Bloomovy klasifikace.*

4.2.2 Výkladový rámec a jeho varianty

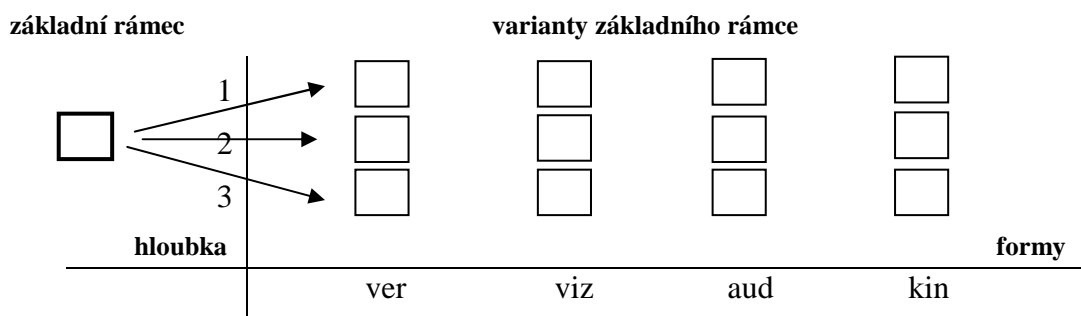
Výkladový rámec (dále jen rámec) tvoří ucelenou výkladovou jednotku, jeden dílčí problém. Celý výklad ucelené oblasti výuky je tvořen sadou rámců, které tak tvoří obsah lekce předmětu.

Každý rámec pro adaptovatelnou výuku může být zpracován v několika variantách.

Definice:

Variantou rámce nazýváme jiný způsob výkladu a ověřování téže látky.

Na základě úvahy v úvodu odstavce 4.2 navrhujeme až 4 varianty dle preferovaného smyslového vnímání studenta (nazývané dále též 4 smyslové formy variant) a až 3 varianty z hlediska hloubky výkladu. Celkem tedy může být až $4 \times 3 = 12$ variant ve dvou „dimenzích“:



Věcný obsah výukové látky je ve všech variantách stejný. Varianty se liší použitými prvky nebo podrobnostmi výkladu, jak bude uvedeno dále. Není nutné využít vždy všechny varianty. Je na autorovi výukové opory, aby pokryl všechny smysluplné varianty nebo některé nevyužil, pokud to není vhodné nebo potřebné.

4.2.3 Varianty rámce dle smyslové formy

Z hlediska formy řadíme varianty rámce do již popsaných následujících čtyř typů:

- **Textový** – varianta obsahuje převážně textové typy výukového materiálu,
- **Vizuální** – obsah varianty obsahuje mnoho obrázků, grafů, videí, animací apod,
- **Auditivní** – varianta obsahuje převážně zvukové nahrávky, nafilmovaný výklad z přednášek apod.,
- **Kinestetický** – varianta obsahuje hodně animací ve statické nebo interaktivní formě, interaktivní výukové programy apod.

Obecně málokdy nastane situace, že varianta patří čistě do jedné formy. Většinou jde o kombinaci forem a pak je na autorovi, aby určil procentuální poměr jednotlivých forem. Pro variantu budeme tedy evidovat čtveřici údajů:

$$MFormy = \{ver, viz, aud, kin\}$$

udávající použité procento každé formy. Podle převažující hodnoty bude varianta zařazena na příslušné místo ve výše zobrazené „matici variant“.

Procentuální zastoupení může být také spočteno automaticky vhodnou analyzující funkcí v LMS.

Každý ze čtyř zmíněných typů může nabývat v procentech hodnot z intervalu $\langle 0,100 \rangle$ a platí: *ver* + *viz* + *aud* + *kin* = 100.

4.2.4 Varianty rámce dle hloubky

Hloubka výkladu udává míru podrobnosti výkladu, specifikuje detailnost předkládaných výukových informací. V první fázi definujeme 3 úrovně hloubky, po ověření v praxi bude možno případně počet úrovní upravit.

Základní úrovní je střední úroveň hloubky = 2. Na této úrovni (střední „řádek“ v matici variant) obsahuje běžný, nejčastěji používaný výklad z hlediska podrobnosti. Jeho rozsah a obsah určuje autor. Každá varianta může obsahovat i kontrolní otázky nebo úlohy k řešení s automatickým vyhodnocením výsledku. Pomocí nich si systém ověřuje, zda student předloženou část látky pochopil nebo ne. Pokud jsou odpovědi správné, systém nabízí další informaci (další část rámce nebo další rámec) na stejné úrovni hloubky.

Pokud student opakovaně neodpovídá správně, nabídne mu systém v hloubce 3 podrobnější výklad s použitím více menších celků s více nejprve jednoduchými, postupně stále složitějšími příklady apod. Také testovacích otázek a úloh je více a po menších celcích. Jejich celková věcná náplň je stejná, ale výklad je pomalejší, s častějším ověřováním, že student látku chápe. Rozsah a obsah jednotlivých částí opět volí zkušený autor.

Naopak studentovi výbornému, rychle chápajícímu, může systém nabídnout v hloubce 1 rozšiřující informace, souvislosti a vazby na jiné oblasti apod.

Informace o hloubce výkladu **MHloub** ve variantě je další informací nutnou evidovat v metadatech. Zatím nabývá hodnot {1, 2, 3} ve výše zmíněném smyslu, počet úrovní hloubky je možné měnit.

V souvislosti s rozdělením každé varianty na vnitřní vrstvy (viz motivace v úvodu odstavce 4.2. a podrobný popis v následujícím odstavci) bude využití některých vrstev v různých úrovních dále rozšířeno.

Metadata varianty jsou:

Varianta (MFormy = {ver, viz, aud, kin}, MHloub)

4.2.5 Vrstvy rámce

Již jsme uvedli, že varianty rámce lišící se jen smyslovou formou a hloubkou výkladu nestačí pokrýt všechny potřebné rozdílnosti ve výkladovém stylu, aby výklad reagoval na rozdílné osobní vlastnosti studentů. Analýzou těchto studentských vlastností (viz výše uvedené příklady) jsme došli k výsledku, že se výklad liší také pořadím dílčích částí výkladu, průběžného testování, zda student výklad správně a úplně pochopil, a organizačních informací.

Provádět adaptaci výkladového stylu rámce nám umožní rozdělení rámce na dílčí části - **na vrstvy**.

Definice

Vrstvou rámce nazýváme část rámce homogenní z hlediska fází vyučovacího procesu (výklad teorie, vysvětlování, upevňování, prověřování vědomostí, motivace, řízení výuky).

Typy vrstev:

Výkladové – skupina vrstev, které obsahují vlastní výklad probírané látky. Jde o tyto vrstvy:

- T Teoretická** – vrstva obsahující teorii: definice, pojmy, pravidla, algoritmy atd. Z hlediska výuky se jedná o nejdůležitější typ vrstvy.
- S Sémantická** – vrstva vysvětlující zavedené pojmy, formálně popsanou teorii, obsahuje doplňující informace k teoretické vrstvě, vysvětluje souvislosti plynoucí z teorie, které by si student nemusel uvědomit atd.
- F Fixační** – vrstva pomocí opakování, jiných formulací a alternativních pojmů, zasazením do širšího kontextu usnadnit lepší zapamatování teorie.
- R Řešené příklady** – vrstva obsahuje příklady na využití teorie, řešené „školní“ příklady. Jsou studentovi vzorem k řešení jemu předložených úkolů.
- P Praktická** – vrstva obsahuje řešení takových příkladů z praxe, které využívají uvedené teoretické znalosti.

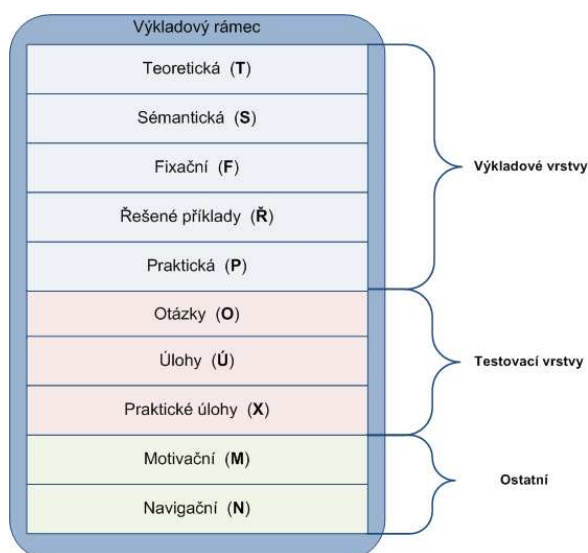
Testovací vrstvy – skupina vrstev, které mají za úkol průběžně testovat získané teoretické znalosti a za pomoci úloh k řešení tyto teoretické znalosti zafixovat.

- O Otázky** - vrstva obsahuje teoretické otázky, které se vztahují k probírané látce. Na základě teoretických otázek je možné určit, zda student dostatečně pochopil probíranou teorii. Otázky mohou sloužit pouze jako kontrola pro studenta nebo mohou být využívány adaptivním algoritmem k předkládání dalších částí výukového rámce nebo při řešení návazností na další výukové rámce.
- Ú Úlohy** – obsah vrstvy je tvořen sadou úloh předkládaných k řešení studentovi. Součástí vrstvy by měly být úlohy odpovídající svým charakterem a obtížností úlohám, které byly řešeny v rámci praktické vrstvy.
- X Praktické úlohy** – v případě, že probíraná látka umožňuje zařazení úkolů z praxe, jsou tyto úkoly zařazovány do praktické vrstvy.

Vrstvy ostatní

- M Motivační** – obecné informace o předmětu, obsahu lekce nebo obsahu rámce, které by i nemotivovanému studentovi zdůvodnily přínos tohoto studia. Jde např. o informace, co se student v dané části textu naučí, k čemu mu to bude užitečné v praxi, proč by měl danou problematiku znát apod.
- N Navigační** – informace didaktické, organizační, jakýsi průvodce lekcí nebo probíranou látkou, doporučený postup při studiu apod.

Na základě konkrétních vlastností studenta bude možno změnou pořadí typu vrstev měnit výkladový styl rámce. Při tomto typu adaptace neztrácí rámec svou obecnou výkladovou hodnotu. **Řízení výkladu se provádí výběrem smyslové formy a potom volbou pořadí a hloubky vrstev. Tím dostáváme univerzální možnost výukovou oporu libovolně adaptovat.**



Obrázek 6: Vrstvy výkladového rámce

Metadata vrstvy

Také o každé vrstvě rámce musí být k dispozici informace o jejím typu, u testovacích vrstev pak ještě další informace – tedy metadata vrstvy. Je nutné evidovat:

Vrstva (příslušnost k rámci, k variantě, typ vrstvy, implicitní pořadí vrstvy v rámci).

Jestliže je rámec složen z více vrstev a adaptivní algoritmus nemá dostatek informací, na základě kterých by mohl provádět adaptaci, použije výchozí pořadí vrstev. To udává autor a odpovídá nejčastěji používanému pořadí při výuce.

4.2.6 Charakter rámce

Již bylo uvedeno, že rámec nemusí obsahovat všechny vrstvy. Může být rámec pouze s výkladem, bez nutnosti ověřování, protože jde o velmi jednoduché informace. Může být naopak rámec obsahující pouze testovací otázky a úlohy - například na konci uceleného výkladu po několika výkladových rámcích jde o větší autotest, umožňující studentovi ověřit si větší rozsah nastudované látky. Nebo může jít o rámec obsahující úvodní informace k lekci – cíle, navigační vrstvu, motivační vrstvu. Na závěr lekce se doporučuje uvádět shrnutí pojmů – opět může být v samostatném rámci. Charakter výkladového rámce může být například výkladový, motivační, příkladový, testovací apod.

Struktura celé lekce by měla dodržovat pravidla pro strukturu distančních výukových opor.

Můžeme tedy definovat tzv. charakter výkladového rámce a přidat tento údaj k metadatům rámce.

Charakter výkladového rámce může určit sám autor nebo může být určen automaticky na základě typu a procentuálního zastoupení jednotlivých vrstev.

4.3 Virtuální učitel

Jedním z hlavních cílů této práce byl návrh způsobu záznamu pravidel pro výběr optimálního výukového stylu na základě znalosti učebního stylu studenta a jeho okamžitých znalostí. Dále návrh algoritmu řídicího adaptivní výuku pomocí těchto pravidel. Celé toto adaptivní prostředí nazveme **virtuálním učitelem**, protože nahrazuje inteligentní rozhodování zkušeného živého učitele, který se při individuální výuce umí přizpůsobovat individuálním učebním stylům svých studentů.

4.3.1 Pravidla pro adaptivní řízení výuky

Jsou dány vlastnosti studenta, zjištěné vstupním dotazníkem nebo testem. Nazveme je statickými vlastnostmi, protože se příliš často nemění. O studentovi dále budeme evidovat „dynamickou“ informaci o tom, jak dobře nebo špatně student odpovídá na průběžné otázky nebo jak řeší průběžné úkoly.

Je dána také výuková opora předmětu, strukturovaná na lekce a rámce. Rámce jsou zpracovány v řadě variant lišících se smyslovou formou (až 4 varianty) a hloubkou (až 3 varianty). Každá varianta dále je složena z vrstev rozlišujících teorii, výklad teorie, upevňování, testování, organizační informace atd.

Otázkou nyní je, pro které typy studentů se použijí které varianty rámců a jaké má být pořadí vrstev ve vybraných variantách. Budou formulována pravidla, která jistým vlastnostem studenta přiřazují jisté varianty a pořadí vrstev.

Pravidla přiřazující pořadí a hloubku vrstvy při zobrazení rámce vycházejí ze statických i dynamických vlastností studenta. Protože se dá očekávat, že pravidla se budou postupně doplňovat, modifikovat, vyvíjet, je nutné navrhnout jejich záznam naprosto flexibilně. Není vhodné pravidla zapsat formou kódu programu. Pravidla by měla být zaznamenána do vhodné datové struktury, kterou by mohl uživatel kdykoliv modifikovat beze změny kódu. Jde vlastně o expertní pravidla zadávaná expertem – pedagogem a odborníkem na adaptivní výuku. Implementaci pravidel bude popsána v následující kapitole 5. Zde navrhujeme jejich logickou strukturu.

Pravidla jsou obecného tvaru

*Jestliže jsou přítomny vlastnosti $V1=a \wedge V2=b \dots$,
pak použij formu varianty $VAR=var \ a$
pořadí vrstev s hloubkou $Vr1:Hl1, Vr2:Hl2, \dots$*

Pro záznam pravidel je navržena následující struktura:

Pravidla individuální výuky

Vlastnosti						
statické						dyn
V1	V2	V3	Vn	Vd
...						
...						
...						
m						

Postup výuky							
Doporučené pořadí a hloubka vrstev							
Form	Vr1	Hl1	...	Vrn	Hln	Fix	Int
	...						
	...						
	...						
	m						

Tabulka 4: Mapování pravidel

V levé části pravidel **Vlastnosti** jsou uloženy hodnoty vlastností (virtuálního) studenta. Ke konkrétním hodnotám vlastností probíhá mapování doporučeného **postupu výuky**. Mapování je prováděno vztahem 1:1, tj. ke konkrétní hodnotě vlastnosti nebo kombinací hodnot několika vlastností je přiřazeno doporučené pořadí {typ, hloubka} vrstev vybrané varianty rámce.

V pravé části postupu výuky se do 1. sloupce **Form** zaznamená doporučená smyslová forma varianty. Do **Vr** se zaznamená typ vrstvy (M, T, S, F, P, ...), do **HI** se zaznamenává hloubka dané vrstvy (1, 2, 3). Implicitní hloubka je 2, implicitní pořadí je dáno autorem.

Pro interpretaci pořadí vrstev je použit příznak **Fix** = {0, 1, 2} s následujícím významem. U některých pravidel je pouze potřeba zaznamenat informaci o tom, že vrstva má být upřednostněna před vrstvami uvedenými v seznamu, pak pro okolní vrstvy je použito „hvězdičkové konvence“. Hodnota **Fix** je v tom případě nastavena na 0. U jiných typů pravidel je potřeba explicitně vyjádřit pořadí vrstev. Hodnota **Fix** je v tom případě nastavena na 1. V případě, že je v pravidlu potřeba vyjádřit pouze hloubku, bez ohledu na pořadí vrstev, je hodnota **Fix** nastavena na 2.

Poslední příznak **Int** = {0, 1, 2} slouží pro zaznamenání pořadí vrstev v případě, že je použito více vrstev stejného typu. Příznak může nabývat hodnot 1-3 s následujícím významem:

- **Int=0** => je použito výchozí pořadí, jak jej definoval autor při vytváření rámce,
- **Int=1** => v případě, že je použito více vrstev stejného typu, provede se zobrazení všech vrstev stejného typu za sebou (např. T1, T2, T3, S1, S2, S3,...),
- **Int=2** => pořadí stejných typů vrstev se bude střídát (např. T1, S1, T2, S2, T3, S3,...).

Příklad – záznam smyslové formy.

Doporučené pořadí a hloubka vrstev							
Form	Vr1	HI1	...	Vrn	HI n	Fix	Int
viz							

Příklad – záznam pořadí a hloubky vrstev.

Pravidlo udává, že má být vrstva hloubky 3 upřednostněna před všemi ostatními vrstvami. Znak * je zástupný symbol pro vyjádření „cokoliv“. Hodnota **Fix** je nastavena na 0.

Doporučené pořadí a hloubka vrstev							
Vr1	HI1	...	...	Vrn	HI n	Fix	Int
M	3	*				1	0

Pravidlo, podle kterého má být použito uvedené pořadí vrstev. Hodnota **Fix** je nastavena na 1.

Doporučené pořadí a hloubka vrstev									
Vr1	HI1	Vr2	HI2	Vr3	HI3	Vr4	HI4	Fix	Int
*		T	3	F	3	S	3	1	0

Příklad – záznam pořadí vrstev v případě, že se v rámci stejný typ vrstvy vyskytuje vícekrát.

Pro záznam pořadí stejných typů vrstev je použit příznak *Int*. V příkladu je příznak nastaven na hodnotu 1. V případě, že je v rámci obsaženo několik vrstev stejného typu, jsou vrstvy stejného typu zobrazeny za sebou – T1, T2, T3, S1, S2, S3.

Doporučené pořadí a hloubka vrstev							
Vr1	HI1	Vrn	HI1n	Fix	Int
							1

Příklady pravidel pro konkrétní typy vlastností

Pravidlo 1 (pozice vrstvy vůči ostatním vrstvám)

Pravidlo využívá vlastností: Motivovanost - MStAfek a Výsledky testování – MStVysl s hodnotami:

MStAfek -100 (extrémně nemotivovaný vůči předmětu)

MStVysl +50 (má dobré studijní výsledky)

Jde o nemotivovaného, ale chytrého studenta. Cílem pravidel bude nejprve studenta důkladně motivovat a teprve potom mu předložit teoretický výklad látky.

Vlastnosti							Doporučené pořadí a hloubka					
MStAfek	MStVs	....	....	....	Vn	Vd	Vr1	HI1	Vr2	HI2	Fix	Int
-100	50	vlastnosti v pravidle nevyužité					M	3	*	2	0	

Motivační vrstva v nejvyšší hloubce 3 bude jako první. Protože se však jedná o studenta, který má dobré studijní výsledky, bude pro další vrstvy použita hloubka úrovně 2.

Pravidlo 2 (přesné pořadí vrstev)

Pravidlo využívá vlastnosti: Teoretické odvozování - MStTeor, Experimentování – MStExp s hodnotami.

MstTeor +50 (částečně používá teoretické odvozování)

MstExp +100 (v případě, že to je možné, upřednostní experimenty)

Cílem pravidla je takové pořadí vrstev, které upřednostní praktické vysvětlení a použití problému před teorií. V pravidlech bude použito fixní pořadí vrstev. Pro zjednodušení jsou v příkladu již uvedeny pouze vlastnosti, které se využívají pro tento typ pravidla.

Vlastnosti		Doporučené pořadí a hloubka											
ProMStTeor	MStExp	Vr1	HI1	Vr2	HI2	Vr3	HI3	Vr4	HI4	Vr5	HI5	Fix	Int
50	100	*		P		S		T		*		1	

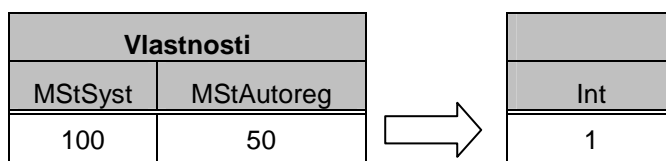
Pravidlo definuje fixní pořadí vrstev pro zvolené vlastnosti. Vrstvy budou zobrazeny v pořadí P, S, T. V tomto případě zachycuje pravidlo pouze informace o pořadí vrstev, hloubka výkladu zachycena není, bude záležet na vyhodnocených odpovědích studenta.

Pravidlo 3 (typ vrstvy se opakuje vícekrát)

Pravidlo využije Autoregulaci - MStAutoreg. Hodnota vlastnosti je následující:

MStAutoreg +50 (student má dobrou úroveň autoregulace)

Toto pravidlo je dáno pro případ, kdy má student dobrou autoregulaci a je použito několik vrstev stejného typu.



Ukázka mapování pravidel podle konkrétních vlastností

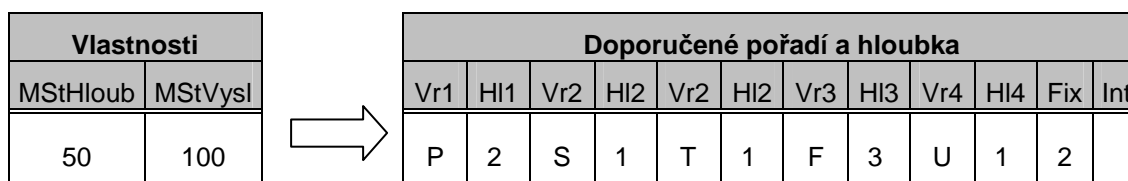
Na základě pravidla se provede zobrazení vrstev stejného typu jako jeden celek. Vrstvy budou zobrazeny např. následovně T1, T2, T3, S1, S2, S3, F1, F2, F3.

Pravidlo 4 (udává hloubku výkladu v případě, že není stanovena jiným pravidlem)

Pravidlo využívá vlastnosti Přístup ke studiu - MStHloub a Výsledky testování - MStVysl

MStHloub +100 (hloubkové pojetí studia)

MStVs +50 (dobré průběžné výsledky)



Pravidlo definuje hloubku pro jednotlivé vrstvy. V případě, že není vrstva v pravidle uvedena, je informace o hloubce přejata z jiného pravidla nebo je použita implicitní hloubka.

4.3.2 Protokol o průběhu výuky

O průběhu výuky je nutné vést průběžné záznamy, tzv. protokol. Evidují se v něm mj. veškeré činnosti studenta, volba předmětu, lekcí, průchod rámci a jejich variantami, průchod vrstvami apod. Hlavním důvodem je možnost pozdějších analýz mnoha typů: analýzy z hlediska úspěšnosti jednotlivých studentů, typů virtuálních studentů a jejich doporučených modifikací, analýzy z hlediska výukových materiálů – rámců, variant,

vrstev, otázek apod. Problematika protokolování a analýz přesahuje tuto práci, bude řešena v navazující disertační práci ing. Takacse.

Tato práce z protokolu využívá historii jednotlivých (živých) studentů, konkrétně údaje o úspěšnosti odpovědí na průběžné kontrolní otázky a úlohy. Pro adaptivní algoritmus je třeba znát:

- správnost odpovědi na poslední otázku nebo úlohu – pro okamžitou reakci,
- správnost všech odpovědí aktuálního rámce – pro případnou změnu volby varianty z hlediska hloubky,
- správnost všech odpovědí všech rámců aktuálního předmětu – pro případné nastavení „dynamické“ vlastnosti studenta *MS_tVysl*.

4.3.3 Algoritmus adaptivní volby výukového stylu

V předcházejících odstavcích byla popsána navržená strukturalizace výukových opor tak, aby bylo možné s dílčími prvky manipulovat – vybírat, přehazovat jejich pořadí. Nyní je nutné definovat výukový styl, odpovídající konkrétním studentům jako optimální odezva na jejich učební styl. Nejde o obecnou definici jakékoliv výuky, ale o definici vhodnou pro e-learningovou výuku, tedy výuku řízenou počítačem, ne živým učitelem. Nebereme tedy v úvahu ty možnosti výuky „face to face“, které se v e-learningové výuce nemohou využít. Například volba studijního prostředí, denní doby, apod.

Definice:

Výukovým stylem v adaptivním e-learningu nazýváme formu, pořadí a hloubku výkladu i ověřování pochopení látky, reflektující učební styl studenta, reprezentovaný jeho jednotlivými vlastnostmi.

Cílem výukového stylu je, aby co nejvíce vyhovoval studentovi a zároveň působil přirozeně, tedy působil tak, jako by jej vytvářel živý učitel.

Pravidel pro všechny možné kombinace hodnot vlastností studenta by bylo příliš mnoho. Proto je zaveden pojem „virtuální student“, zahrnující jen několik typických a často se vyskytujících typů studentů. Ale i pro virtuální studenty by bylo mnoho kombinací hodnot všech vlastností. Proto jsou pravidla formulována jako „elementární“, jen pro jednu nebo 2-3 vlastnosti, a tak nemusí obsahovat úplný popis uspořádání vrstev při výuce.

Úplný popis výukového stylu pro studenta dostaneme spojením všech pravidel, které mají na levé straně pravidla hodnoty odpovídající aktuálnímu (virtuálnímu) studentovi. Pravé strany doporučených variant, pořadí a hloubek se sjednotí a definují tak úplnou strukturu pořadí výukových vrstev s příslušnou hloubkou.

Algoritmus adaptivní volby výukového stylu

Vstup: Vektor statických vlastností aktuálního „živého“ studenta

*Student ({ver,viz,aud,kin}, MStAfek, MStSoc, MStSyst, {MStExp,MStTeor},
{MStHol,MStDetail}, MStHloub, MStAutoreg,
MStVysl)*

Výstup: Výukový styl doporučený pro aktuálního studenta ve formě vektoru

$StylSt (Form, \{Vr1, HI1\}, \{Vr2, HI2\}, \{Vr3, HI3\}, ..., Int)$

Algoritmus:

1. Najdi k aktuálnímu studentovi nejpodobnějšího virtuálního studenta.
2. Najdi v seznamu adaptivních pravidel všechna pravidla se shodnou levou stranou Vlastnosti; neexistuje-li k některé vlastnosti aktuálního virtuálního studenta shoda s hodnotou v pravidlech, najdi pravidlo s nejbližší hodnotou této vlastnosti.
3. Podle 1. pravidla typu $\{ver, viz, aud, kin\} \Rightarrow Form$ vyber skupinu variant (hloubek 1, 2, 3) s optimální smyslovou formou.
4. Proved' sjednocení pravých stran ostatních pravidel a zkonstruuuj optimální pořadí typů vrstev doporučených hloubek.
 - 4.1. Vyber všechna pravidla, pro které $Fix = 1$.
 - 4.2. Sestav výchozí pořadí vrstev, zohledni hodnotu Int .
 - 4.3. Vyber všechna pravidla, pro které $Fix = 0$.
 - 4.4. Vrstvy uvedené v pravidlech vlož před nebo za již vytvořenou strukturu, zohledni hodnotu Int .
 - 4.5. Vyber všechna pravidla, pro které $Fix = 2$.
 - 4.6. U těch typů vrstev, kde není hloubka nastavena předcházejícími pravidly, proved' nastavení hloubky podle načtených pravidel.
5. Definuj výukový styl pro aktuálního (virtuálního) studenta jako doporučené pořadí vrstev a jejich hloubek variant doporučené formy:

$StylSt (Form, \{Vr1, HI1\}, \{Vr2, HI2\}, \{Vr3, HI3\}, ..., Int)$

Tento výukový styl doporučený konkrétnímu studentovi se při zahájení výuky (při každém sezení) zaznamená a následující algoritmus bude řídit výuku podle tohoto stylu.

Pokud by se v průběhu výuky ukázalo, že v některých situacích není řízení optimální, upraví se hodnoty vlastností studenta a algoritmus pro definování stylu výuky se spustí znovu.

Příklad: sjednocení pravých stran pravidel

Mějme následující pravé strany pravidel:

Doporučené pořadí a hloubka													
	Form	Vr1	HI1	Vr2	HI2	Vr3	HI3	Vr4	HI4	Vr5	HI5	Fix	Int
p. 1	1												
p. 2		M	3	*	2							0	
p. 3		*		P		S		T		*		1	
p. 4													1
p. 5		P	2	S	1							2	

Tabulka 5: Pravá strana adaptačních pravidel

Dle kroku 4. algoritmu, který byl uveden výše, bude provedeno následující sjednocení pravých stran pravidel:

1. Provede se vybrání pravidla p. 3 (všechna pravidla, kde je FIX nastaveno na 1).
2. Provede se sestavení dočasné struktury ve tvaru * P S T *.

3. Proveďte se vybrání pravidla p. 2 (všechna pravidla, kde je FIX nastaveno na 0).
4. Proveďte se aktualizace dočasně sestavené struktury na $M 3 * P S T *$.
5. Proveďte se vybrání pravidla p. 5 (všechna pravidla, kde je FIX nastaveno na 2).
6. Proveďte se aktualizace dočasně sestavené struktury na $M 3 * P 2 S 1 T *$.
7. U vrstev, kde nebylo provedeno definování hloubky, se proveďte nastavení implicitní hloubky na 2.
8. Proveďte se sestavení konečné struktury pořadí vrstev na $M 3 * P 2 S 1 T 2 *$.

Při aplikaci několika pravidel může dojít ke kolizi mezi jednotlivými typy vrstev. V současné době je kolize vyřešena upřednostněním pravidla, které má nastavenou hodnotu FIX na 0. Další metody pro ošetření kolizí budou řešeny v navazující disertační práci ing. Takácse.

4.3.4 Algoritmus adaptivního řízení výuky

Po určení výukového stylu pro konkrétního (virtuálního) studenta *StylSt* je možno spustit vlastní výuku.

Algoritmus adaptivního řízení výuky

Vstup: 1. doporučený výukový styl studenta

StylSt (Form, {Vr1, Hl1}, {Vr2, Hl2}, {Vr3, Hl3}, ..., Int)

2. vybraný předmět, lekce, rámec

3. metadata rámců aktuální lekce aktuálního předmětu

Výstup: Doporučená posloupnost zobrazení konkrétních vrstev aktuálního rámce.

Algoritmus:

1. Načti informace o doporučeném výukovém stylu pro studenta.
2. Načti informace o variantách rámce.
3. Z informací bodů 1, 2 sestav odpovídající pořadí vrstev rámce.
4. Pro všechny vrstvy rámce $i = 1 .. n$
 - 4.1. Zobraz studentovi obsah vrstvy i ,
 - 4.2. Je-li aktuální vrstva i testovací, pak
 - 4.2.1. Eviduj správnost studentových odpovědí na otázky a úlohy v rámci i v lekci.
 - 4.2.2. Je-li odpověď správná, přejdi na bod 4.3.
 - 4.2.3. Je-li odpověď chybná a není definována reakce, zobraz standardní chybové hlášení.
 - 4.2.4. Je-li odpověď chybná a je definována reakce, zobraz reakci.
 - 4.2.5. Je-li chybná odpověď poprvé, umožni nové zodpovězení otázky - návrat k bodu 4.1.
 - 4.2.6. Je-li chybná odpověď podruhé a hodnota $Hli < 3$, zvýš $Hli = Hli + 1$ u všech výkladových a testovacích vrstev; pokračuj bodem 4.1.
 - 4.2.7. Je-li chybná odpověď podruhé a hodnota $Hli = 3$, zobraz správnou odpověď.

4.3. $i = i + 1$

4.4. Konec cyklu pro vrstvy rámce.

5. Jsou-li dlouhodobě odpovědi nesprávné, uprav $MStVysl = -100$ nebo jsou-li dlouhodobě odpovědi správné, uprav $MStVysl = 100$ a použij znovu algoritmus definice výukového stylu.

Poznámky:

1. V případě, že student začíná studovat nový předmět, nejsou k dispozici informace k $MStVysl$, hodnota je nastavena na 0. Hodnota $MStVysl$ není upravována po každé odpovědi. Hodnota $MStVysl$ je upravována podle procenta již zodpovězených otázek. Čím více otázek je studentem zodpovězeno, tím větší je interval pro úpravu $MStVysl$.
2. Uvedený algoritmus je základní variantou, která může být v budoucnu doplňována o další funkce. Ty budou zohledňovat například údaje získané z protokolu o procesu výuky, jako opakované změny formy či opakované změny hloubky konkrétního studenta apod.

4.3.5 Praktický příklad adaptace

Praktická ukázka adaptace bude podrobně popsána na úrovni rámce pro dva studenty.

Definice výukového stylu studenta

Zadání vlastností použitých studentů:

- **Student 1** – student, který má velký zájem o studovanou látku. Při studiu dosahuje dobrých studijních výsledků. Rád nad problematikou přemýšlí, často používá analytické myšlení a odvozování. U studenta se však projevuje nemotivovanost k předmětu.
- **Student 2** – student, který má zájem o studium, dosahuje však horších studijních výsledků. Často se učí memorováním, obtížněji získává nadhled nad studovanou látkou.

Dva vyhranění studenti byli vybráni z důvodu jednoduchosti a přehlednosti při demonstrování jednotlivých postupů. Pro další část postačí rozdělení do těchto dvou výše zmíněných typů.

Pomocí dotazníku byly zjištěny následující vlastnosti pro oba studenty:

Metadata studentů						
Student	MStF(ver)	MStF(viz)	MStF(aud)	MStF(kin)	MStHloub	MStAfek
S 1	60	40	0	0	47	-65
S 2	70	30	0	0	-51	81

Tabulka 6: Přehled vlastností pro reálné studenty

Definice výukových stylů studentů

V prvním kroku se provede přiřazení reálného studenta (student 1 a student 2) ke konkrétnímu virtuálnímu studentovi (V1 až V5). Pro přiřazení se použije dříve uvedený výpočet podobnosti. Výsledek výpočtu podobnosti pro oba typy studentů s příslušnými virtuálními studenty (dle vztahu uvedeného v kapitole 4.1.6) je uveden v tabulce:

V-studenti	Student 1	Student 2
V1	52%	64%
V2	96%	42%
V3	60%	80%
V4	41%	98%
V5	71%	67%

Tabulka 7: Výpočet podobnosti pro přiřazení studenta

Student 1 bude přiřazen k virtuálnímu studentovi V2 a student 2 k virtuálnímu studentovi V4. Vlastnosti virtuálních studentů nám budou tvořit levou část pravidel. Informace o vlastnostech jsou doplněny o MStVysl – výsledek dřívější výuky.

Vlastnosti							
Student	MStF(ver)	MStF(viz)	MStF(aud)	MStF(kin)	MStHloub	MStAfek	MStVysl
S1 (V2)	0	100	0	0	50	-50	75
S2 (V4)	0	100	0	0	-50	75	-25

Tabulka 8: Levá strana pravidel odvozená od virtuálních studentů a doplněná o MStVysl

K levé straně pravidel mějme nadefinována následující pravidla pravé strany:

Doporučené pořadí a hloubka													
	Form	Vr1	HI1	Vr2	HI2	Vr3	HI3	Vr4	HI4	Vr5	HI5	Fix	Int
p1 (V2)	viz												
p2 (V2)		M	3	*								0	
p3 (V2)		*		T		S		*				1	
p4 (V2)													1
p5 (V2)		T	1	S	1	*	1					2	
p1 (V4)	viz												
p2 (V4)		*		S		P		T		*		1	
p3 (V4)													2
p4 (V4)		S	3	P	3	T	3	F	2				

Tabulka 9: Pravá strana pravidel

Zpracováním pravidel k zadaným vlastnostem jsou výukové styly pro studenty 1 a 2 (pro virtuální studenty V2 a V4) následující:

Student 1

S1 (viz, M 3, T 1, S 1, * 1, Int=1)

Studentovi bude nejprve zobrazována motivační vrstva a to v hloubce 3, kde bude obsažena rozšířená motivační složka. Jakmile bude student vhodně motivován, zobrazí se mu teoretické a sémantické vrstvy o hloubce 1. Vrstvy budou tedy rozšířeny o další doprovodné informace, které budou probíraný problém řešit více do hloubky (např. ukázka důkazů apod.). Všechny další vrstvy budou také zobrazeny v hloubce 1. V případě, že bude rámec obsahovat více vrstev stejného typu, budou zobrazeny vrstvy stejného typu pohromadě (T1,T2,S1,S2,...).

Student 2

S2 (viz, S 3, P 3, T 3, F 2, * 2, Int=2)

Protože je student dostatečně motivován, je vynechána motivační vrstva. Jako první je zobrazena sémantická vrstva o hloubce 3, kde je detailně popsán probíraný problém. Následuje okomentovaný řešený příklad. Teprve po příkladu je zobrazena teoretická a fixační vrstva. Teoretická vrstva o hloubce 3 a fixační o hloubce 2. Všechny ostatní vrstvy budou zobrazeny na úrovni hloubky 2. V případě, že bude rámec obsahovat vrstvy stejného typu, budou typy vrstev zobrazeny střídavě (T1,S1,T2,S2,...), aby kroky výkladu byly malé.

5 IMPLEMENTACE SYSTÉMU ADAPTIVNÍ VÝUKY

Cílem této práce bylo jak teoretické zpracování možnosti adaptace výukového materiálu na základě potřeb a vlastností studentů, tak i implementace navrhovaného adaptivního systému. Implementovaný systém adaptivní výuky nebyl vytvářen zcela nově na „zelené louce“. Pro implementaci adaptivního chování byl využit systém LMS Barborka (dále v textu jen Barborka), používaný na katedře informatiky FEI VŠB-TU Ostrava. V rámci této práce byla vytvořena nová verze Barborky a byla rozšířena o část řešící popsanou adaptaci výuky.

V rámci nové verze byly (jako součást této práce) do Barborky přidány dotazníky, pomocí kterých se zjišťují a analyzují vlastnosti studentů. Dále bylo přidáno několik modulů, které řeší ukládání a adaptaci výukových materiálů.

Implementaci adaptace do systému Barborka můžeme rozdělit na tři samostatné části, řešící jednotlivé subsystémy:

- **Implementace virtuálního studenta** – modul rozšiřuje stávající informace o studentech a doplňuje informace o jednotlivých virtuálních studentech. Cílem modulu je vyladění definic virtuálních studentů, zpracování informací o zjištěných vlastnostech studenta a přiřazení reálného studenta ke studentu virtuálnímu.
- **Návrh a implementace výukových opor obsahujících metadata pro adaptaci.** Předcházející verze Barborky ukládala výukové opory bez metadat, která jsou potřebná pro adaptaci částí výukových opor. Modul rozšiřuje a doplňuje autorskou databázi o tabulky, ve kterých jsou uloženy informace potřebné k adaptaci. Zařazením modulu došlo ke změně při ukládání výukových opor. Ty nově umožňují vytváření několika variant rámce a členění rámce na výkladové vrstvy.
- **Návrh a implementace virtuálního učitele** – modul virtuálního učitele umožnil adaptaci předkládaného výukového materiálu. Modul pracuje s výsledky předcházejících modulů, které využívá pro proces adaptace. Na základě informací o studentovi a popisu výukového materiálu definuje výukový styl studenta a volí vhodný postup při předkládání výukového materiálu studentovi.

Nová část systému, řešící adaptaci výukových opor, využívá původní autorskou databázi Barborky. Původní databáze nebyla navržena s ohledem na adaptaci výukových opor a sloužila pouze k uložení obsahu výukové opory a nutných metadat. Prvním nezbytným krokem bylo rozšíření a doplnění stávající databáze Barborky o tabulky sloužící pro uložení informací, které využívá nově vytvořená adaptivní část. Dále bylo nezbytné rozšířit stávající tabulky o metadata potřebná k adaptaci výukového materiálu.

Nyní bude stručně popsána implementace jednotlivých modulů.

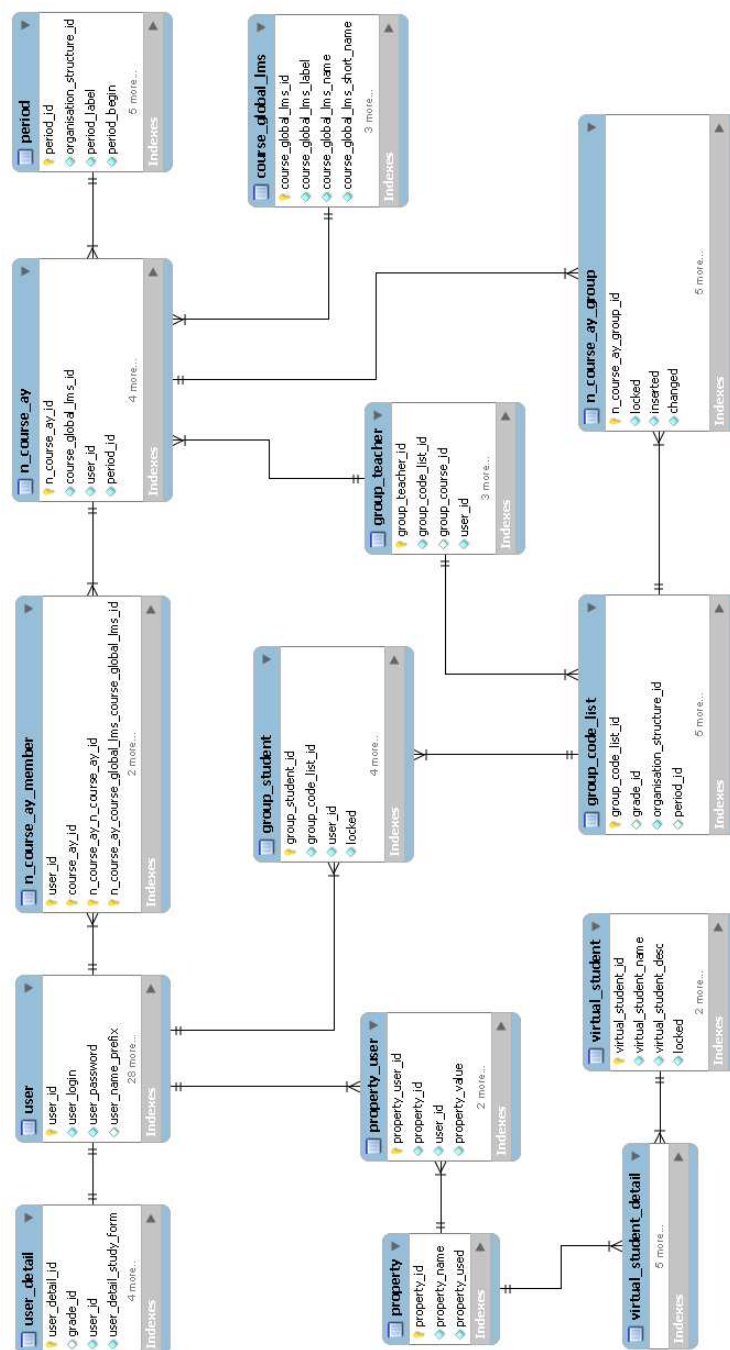
5.1 Datový model adaptivní části

Nejprve je uveden datový model, ze kterého implementace subsystémů vychází. Kompletní datový model Barborky z důvodu své rozsáhlosti není možné uvést. Níže jsou uvedeny dva ERD, které přímo souvisejí s implementací adaptivní části. První ERD popisuje strukturu databáze řešící problematiku řízení adaptivní výuky a druhý ERD popisuje databázi sloužící pro uložení materiálů výukových opor. Zjednodušený datový slovník pro některé tabulky je uveden v příloze této práce. Na přiloženém CD je uložen kompletní datový slovník k uvedeným ERD.

5.1.1 ERD – subsystém Student

Tento ERD popisuje část databáze, kde jsou uloženy informace o organizaci výuky a jednotlivých studentech. V rámci výuky jsou evidovány informace potřebné pro řízení přístupu k předmětům v rámci výukových skupin z pohledu studentů a tutorů.

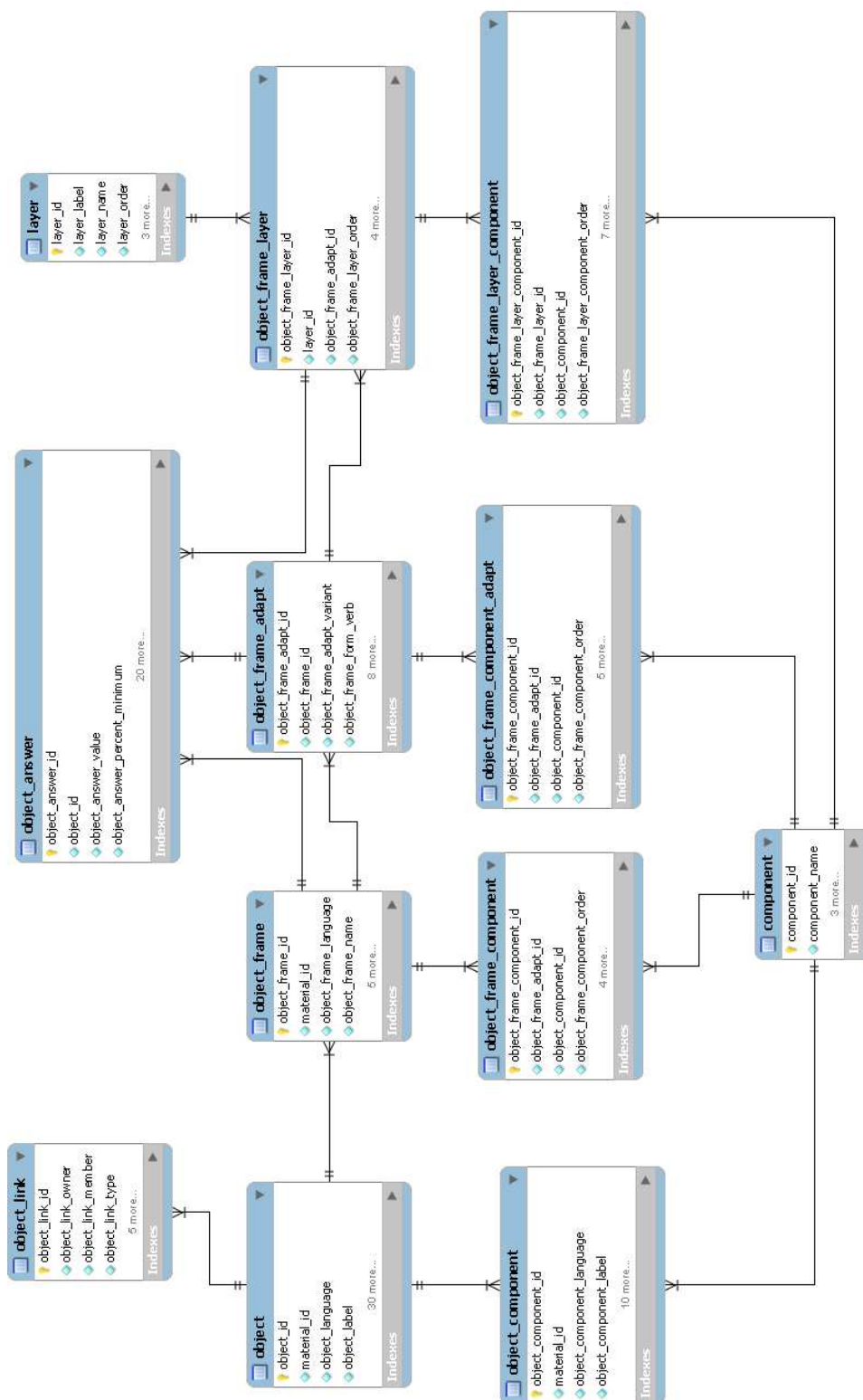
Z hlediska adaptace je podstatné, že ERD popisuje uložení informací o jednotlivých studentech a jejich vlastnostech.



Obrázek 7: ERD – subsystému Student

5.1.2 ERD – subsystém Autor

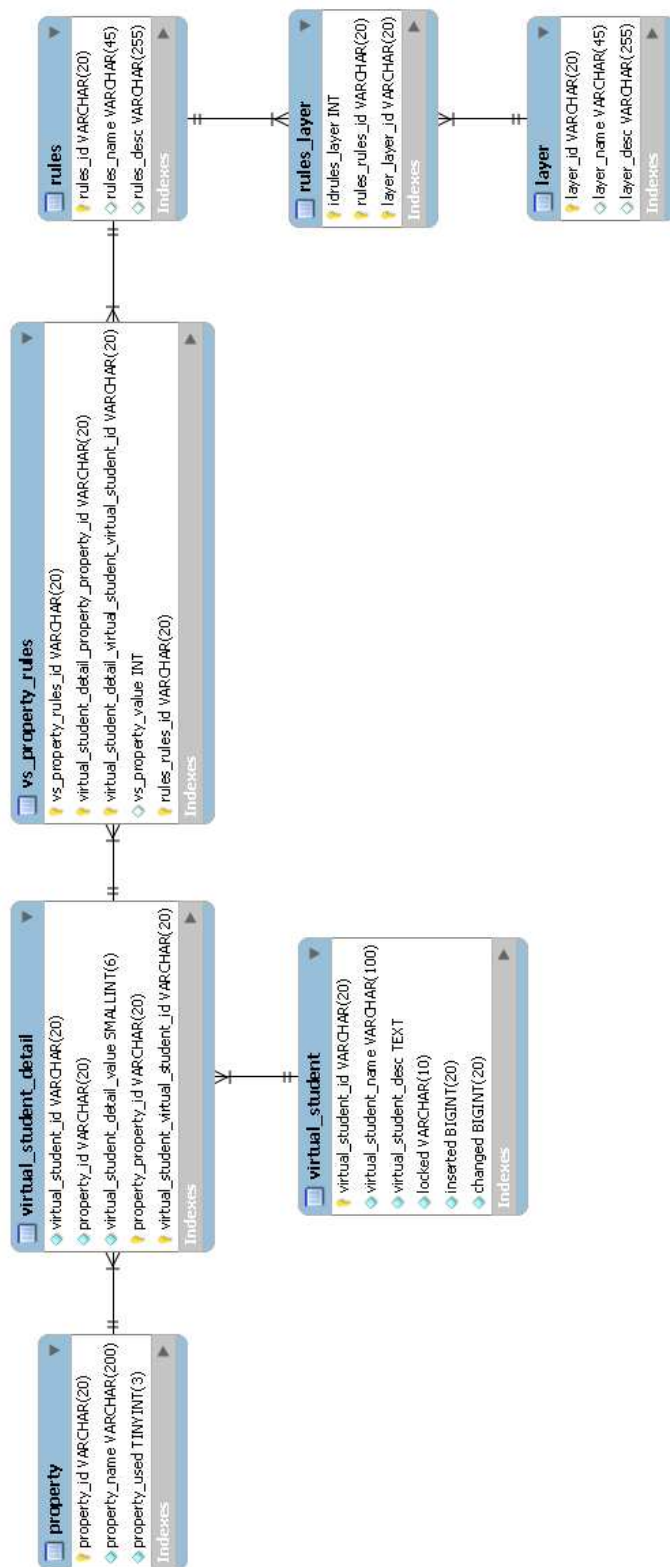
Druhý ERD popisuje část databáze, kde jsou uloženy výukové materiály a popis jejich struktury. Výukový materiál není ukládán jako celek, ale je členěn na části (rámce, varianty, vrstvy), které jsou ukládány samostatně. V databázi není uložen pouze obsah výukového materiálu, ale i veškerá potřebná metadata, která jsou využívána adaptivní částí.



Obrázek 8: ERD – obsah výukových opor

5.1.3 ERD – subsystém Virtuální učitel

Adaptivní algoritmus, který byl popsán v kapitole 4.3.2 ukládá informace o pravidlech pro adaptaci výuky do tabulek znázorněných na níže uvedeném ERD.



Obrázek 9: ERD – uložení pravidel adaptivního algoritmu

5.2 Implementace virtuálního studenta

Prvním z modulů, kterým bylo nutné rozšířit stávající Barborku, byl modul řešící virtuálního studenta. Původní verze Barborky pracovala pouze s reálnými studenty. Umožňovala evidenci nezbytných informací o jednotlivých studentech, sloužící pro řízení výuky a sledování výsledků studia. Stávající verze byla rozšířena o možnost evidování vlastností pro jednotlivé studenty a o expertní systém Virtuální student.

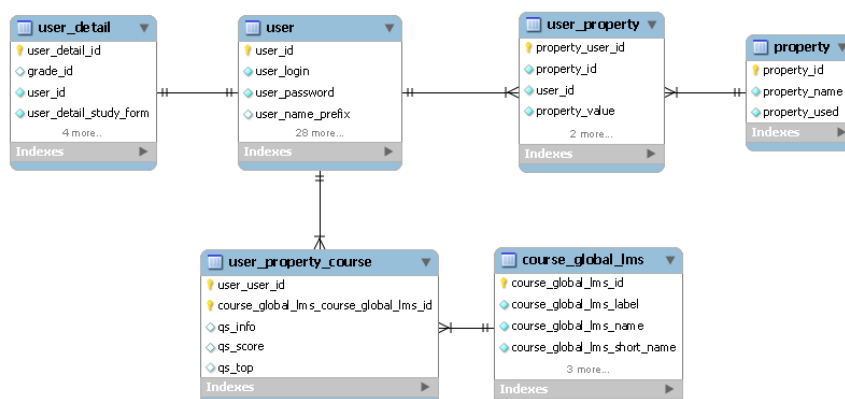
5.2.1 Metadata popisující virtuálního studenta

Při implementaci virtuálního studenta byla přidána data o vlastnostech reálného studenta a přidána repertoárová tabulka pro expertní systém virtuálních studentů.

Protože je vývoj adaptivní výuky v začátcích a je možné očekávat případné změny v seznamu vlastností studenta, je modul implementován tak, aby bylo možné data libovolně přidávat, upravovat nebo odebírat.

Data reálných studentů

U reálných studentů se evidují osobní údaje a informace popisující jeho vlastnosti v následující datové struktuře:

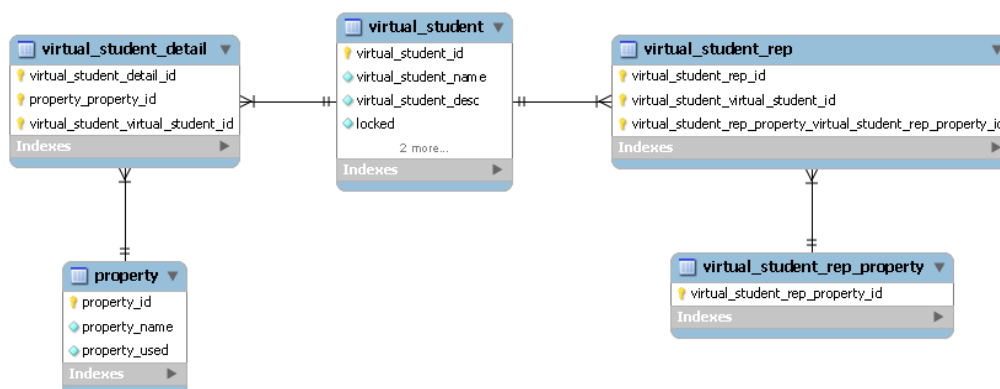


Obrázek 10: ERD - data reálného studenta

Pro reálné studenty se evidují vlastnosti dle tabulky 2 z kapitoly 4.

Data virtuálních studentů

Virtuální student je popsán atributy – konstrukty v repertoárové tabulce popsané v 4.1.6. I zde je implementace navržena tak, aby bylo možno atributy libovolně přidávat nebo ubírat.



Obrázek 11: ERD – data virtuálního studenta

5.2.2 Ukázka implementace

Na níže uvedeném obrázku je možné vidět náhled implementace zobrazující seznam vlastností, které jsou pro jednotlivé studenty evidovány. Z ukázky je patrné, že je možné vlastnosti libovolně přidávat, upravovat nebo odebírat.



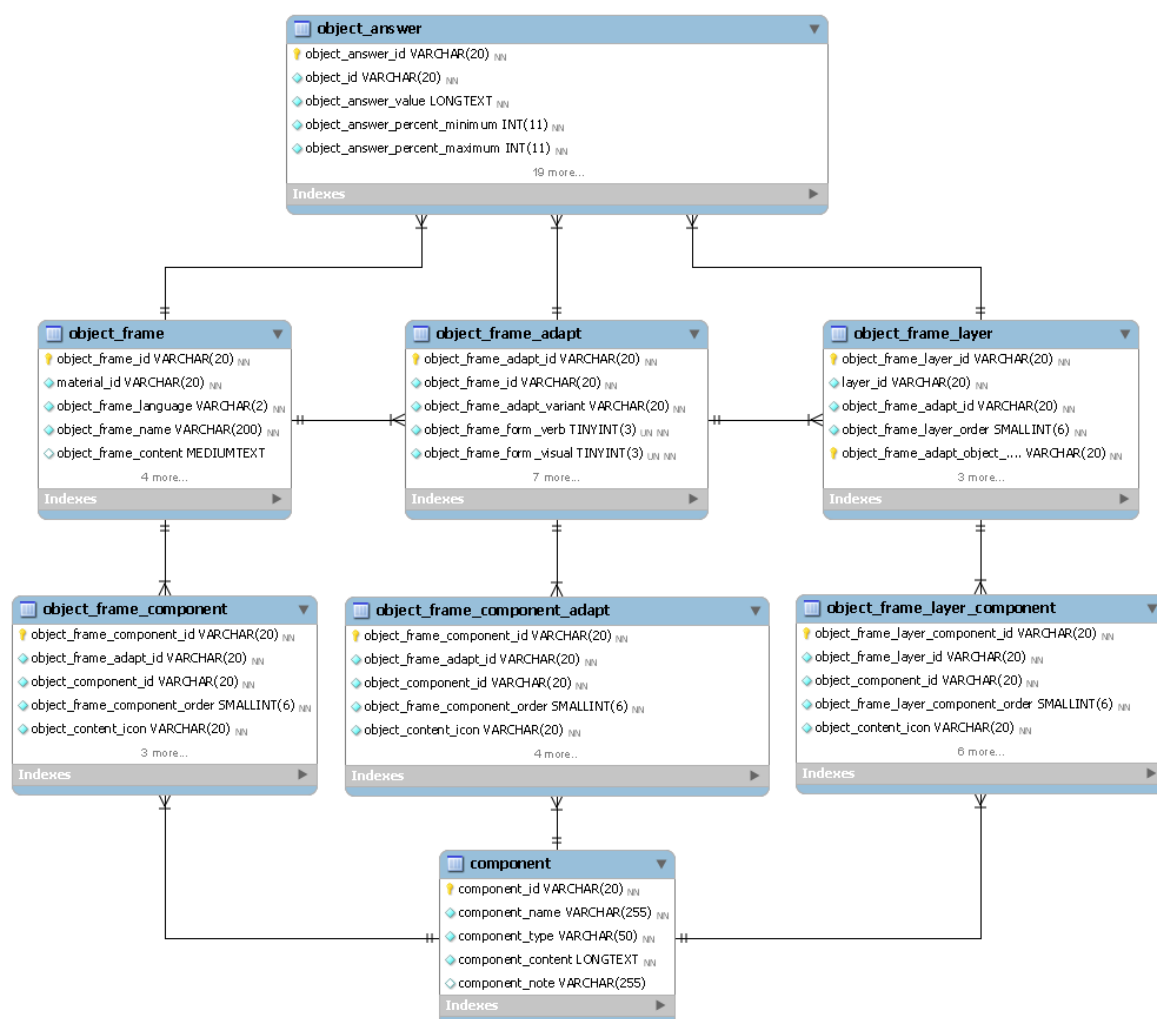
Obrázek 12: Implementace - seznam vlastností

5.3 Implementace výukových opor s metadaty pro adaptaci

V implementaci *rámce* byla doplněna struktura metadat (viz popis v kapitole 4.2) o

- *záznam variant rámce* a jeho atributů – formy a hloubky
- *záznam vrstev a jejich atributů* – typ vrstvy, u testovacích vrstev dále typ odpovědi, body, typ vyhodnocení odpovědi, reakce na odpověď.

Na následujícím ERD je znázorněna datová struktura realizace uložení výukových materiálů (komponent) a jejich metadat. Ke každému rámci jsou informace o jeho variantách, k variantě informace o vrstvách, z nichž se rámec skládá. Komponenty, které obsahují vlastní výklad, je možné přiřadit přímo k rámci (není-li rámec dělen na varianty a vrstvy), variantě (není-li ve variantě dělení na vrstvy) nebo vrstvě.



Obrázek 13: ERD – metadata varianty rámce

Pro návrh studijních opor byla na katedře informatiky FEI VŠB-TU Ostrava vytvořena šablona. Šablona byla vytvořena za tím účelem, aby bylo možné sjednotit způsob vytváření studijních opor, které jsou navrženy pro adaptaci a musí obsahovat popis metadat pro každou variantu rámce, včetně rozdělení na jednotlivé vrstvy. Ukázka šablony je uvedena v tabulce níže:

Rámec: Název rámce	MHRam = 1-10	
Varianta – hloubka	MHZnam = 2	
Varianta – forma	MFor = 90,10,0,0	
Obsah teoretické vrstvy (T)		MVrs = T
Obsah sémantické vrstvy (S)		MVrs = S
Obsah fixační vrstvy (F)		MVrs = F
Obsah praktické vrstvy (P)		MVrs = P
Obsah motivační vrstvy (M)		MVrs = M
Zadání úkolu	MRot= Vnm	MVrs = U
Správná odpověď	A	
Chybná odpověď	N	

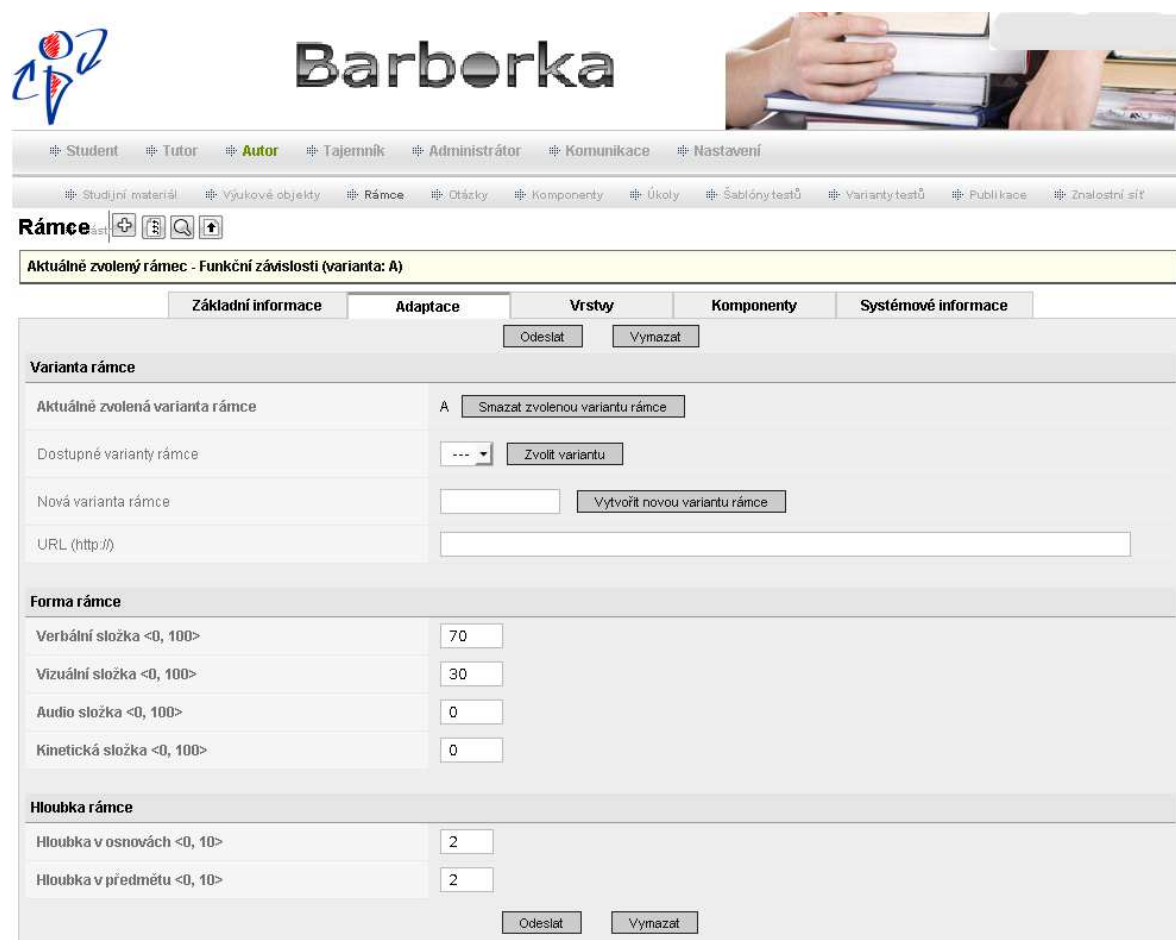
Tabulka 10: Ukázka šablony pro návrh struktury rámce

Tak je možné sjednotit způsob vytváření adaptovatelných výukových opor a současně šablona obsahuje potřebná metadata. Autor vyplňuje velmi úsporným způsobem typy variant a vrstev, jinak se věnuje pouze vlastnímu obsahu výkladu.

Konkrétní ukázky použití šablony jsou uvedeny v příloze B. Kompletně vypracovaná lekce za použití šablon je uložena na přiloženém CD.

5.3.1 Ukázka implementace

Níže je uvedena ukázka implementace, která se týká autorské části Barborky. Na obrázku je zobrazeno prostředí pro vytváření a úpravu rámce. Ke každému rámci je možné vložit obecné informace. Pomocí záložek je možné přepínat se do dalších částí formuláře, kde lze vkládat metadata variant a vrstev a potom ukládat vlastní obsah výukové opory.



The screenshot shows the 'Barborka' web application interface. At the top, there is a navigation bar with roles: Student, Tutor, **Autor**, Tajemník, Administrátor, Komunikace, and Nastavení. Below this is a search bar and a list of menu items: Studijní materiál, Výukové objekty, **Rámce**, Otázky, Komponenty, Úkoly, Šablóny testů, Varianty testů, Publikace, and Znalostní síť. The main content area is titled 'Rámce' and contains a form for creating and editing a framework. The form has tabs for 'Základní informace', 'Adaptace', 'Vrstvy', 'Komponenty', and 'Systémové informace'. The 'Základní informace' tab is active, showing fields for 'Aktuálně zvolená varianta rámce' (A), 'Dostupné varianty rámce' (---), 'Nová varianta rámce' (input field), and 'URL (http://)' (input field). There are also buttons for 'Smazat zvolenou variantu rámce', 'Zvolit variantu', and 'Vytvořit novou variantu rámce'. Below these are sections for 'Forma rámce' and 'Hloubka rámce', each with input fields for various parameters and buttons for 'Odeslat' and 'Vymazat'.

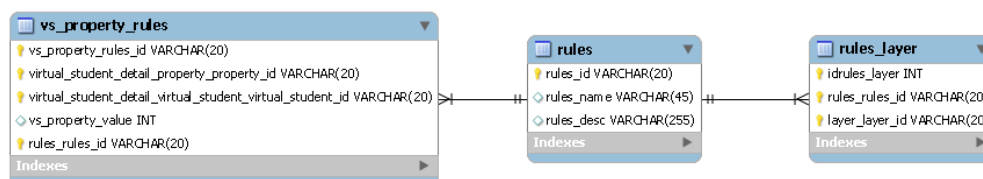
Obrázek 14: Ukázka formuláře pro vytváření a úpravu výkladového rámce

5.4 Implementace virtuálního učitele

5.4.1 Adaptační pravidla

Při implementaci mechanismu adaptačních pravidel bylo nutné navrhnout vhodnou univerzální strukturu, do které by byla adaptační pravidla uložena. Struktura pro pravidla byla navržena tak, aby bylo možné kdykoliv přidávat jak vlastnosti studenta, tak i vrstvy

rámce. Adaptační pravidla nejsou vázána na virtuální studenty, ale na podmnožinu vlastností, které jsou pro virtuální studenty definovány. Tím bylo dosaženo možnosti vícenásobného použití pravidel. Na níže umístěném ERD je možné vidět realizaci uložení pravidel v databázi.



Obrázek 15: ERD - uložení adaptivních pravidel

V tabulce *vs_property_rules* je umístěn seznam vlastností pro jednotlivá adaptační pravidla. Adaptační pravidlo může být navázáno pouze na jednu vlastnost nebo na skupinu několika vlastností. V tabulce *rules* jsou uloženy základní informace o pravidle a jeho pojmenování. Jednotlivé části pravidla, která se vztahují na hloubku a vrstvy rámce jsou uloženy v tabulce *rules_layer*.

5.4.2 Adaptační výukového procesu

Adaptační jádro je implementováno na úrovni studentského subsystému. Tvoří jej algoritmus pro volbu výukového stylu (popis uveden v kapitole 4.3.3) a algoritmus adaptivního řízení výuky (popis uveden v kapitole 4.3.4). Algoritmus pro volbu výukového stylu je volán v situaci, kdy student začíná studovat nový předmět nebo po změně některé z vlastností, které algoritmus využívá pro sestavení výukového stylu. Algoritmus adaptivního řízení je použit vždy při sestavování obsahu výkladového rámce a při vyhodnocování otázek, které jsou součástí lekce.

Na níže uvedených obrázcích je možné vidět náhled stejného výkladového rámce, který je adaptován a zobrazen studentovi 1 a studentovi 2 nadefinovaného v kapitole 4.3.5.

Druhá normální forma Dekompozice relačních schémat Předchozí Následující

Definice

Relační schéma je ve **druhé normální formě** (2NF), jestliže je v první normální formě a každý sekundární atribut je úplně závislý na každém klíči schématu R.

Pozor! V této definici se často zapomíná na slovo **úplně**, které je velmi důležité. Klíč schématu je totiž definován tak, že jsou na něm závislé všechny atributy, proto je to klíč. Aby bylo schéma ve 2NF, musí být všechny sekundární atributy na klíči závislé úplně.

Jinak řečeno, žádný sekundární atribut nesmí být závislý na části klíče, na podklíči. Zřejmě pokud je klíč jednoatributový, podklíč neexistuje a schéma je samozřejmě ve 2NF – pokud je i v 1NF.

Je-li klíč víceatributový, je nutné ověřit závislosti sekundárních atributů na podklíčích.

Příklad

Podívejme se, proč je požadováno pravidlo pro 2NF

Mějme relační schéma R (A, B, C, D) s funkčními závislostmi $F = \{A \rightarrow C, AB \rightarrow D\}$. Pak z uzavření $A+ = \{A, C\}$, $B+ = \{B\}$, $C+ = \{C\}$, $D+ = \{D\}$, $AB+ = \{ABCD\}$, $AC+ = \{AC\}$,

$$AD+ = \{ADC\}, BC+ = \{BC\}, BD+ = \{BD\}, CD+ = \{CD\},$$

$$BCD+ = \{BCD\}$$

plyne: klíčem je AB, primární atributy: A, B, sekundární: C, D

a existuje závislost $A \rightarrow C$, tedy závislost sekundárního atributu na podklíči.

Ukažme si, že dochází k redundanci na části relace vyplněné daty, splňujícími dané FZ:

A	B	C	D
1	1	a	x
1	2	a	y
1	3	a	z
2	2	b	u

pro stejnou hodnotu A=1 se zbytečně opakuje hodnota C=a

pro stejnou hodnotu A=2 se zbytečně

Obrázek 16: Ukázka adaptace pro studenta 1

Rámec zobrazený na obrázku 16 obsahuje převážně verbální formu informace, která je doplněna příkladem.

Druhá normální forma Dekompozice relačních schémat Předchozí Následující

Definice

Relační schéma je ve **druhé normální formě** (2NF), jestliže je v první normální formě a každý sekundární atribut je úplně závislý na každém klíči schématu R.

Definice

Jestliže relační schéma obsahuje pouze atomické atributy říkáme, že je normalizovanou relací nebo že je v **první normální formě** (1NF).

Platí: relační model dat pracuje pouze s relacemi v 1NF.

Převod relačního schématu z 1. NF do 2. NF

Zadání: Uvažujme jednoduchý obchod potravin, který má několik dodavatelů od nichž odebírá zboží zařazené do několika kategorií.

Název výrobku	Výrobce	Cena	Ref výrobce
Chléb bílý	Pekárna Chléb	15	55307129
Chléb žitný	Pekárna Chléb	16,50	55307129
Chléb celozrnný	Pekárna Chléb	11	55307129
Chléb vafel	Pekárna Chléb	16	55307129
Rožlik obiljový	Pekárna Chléb	8	55307129
Caj ovocný	Sladkova Opava	14	599120130
Caj černý	Sladkova Opava	13	599120130
Caj zelený	Sladkova Opava	19	599120130
Mléko sterilizované	Mlékárna Kladno	29	544925996
Mléko polotučné	Mlékárna Kladno	23	544925996
Mléko plnotučné	Mlékárna Kladno	25,50	544925996

Výrobce	Ref výrobce
Pekárna Chléb	55307129
Pekárna Běláta	55307129
Sladkova Opava	599120130
Mlékárna Kladno	544925996
Marek Martinec	

klíč

$F = \{ \text{Název výrobku, Výrobce} \rightarrow \text{Cena}, \text{Výrobce} \rightarrow \text{Ref výrobce} \}$

klíčem schématu je {Název výrobku, Výrobce}

Provedení dekompozice:

Obrázek 17: Ukázka adaptace pro studenta 2

Rámec zobrazený na obrázku 17 je složen z verbální, vizuální i kinestetické složky. Zastoupení vizuální a kinestetické složky je ve formě FLASH animace.

6 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ADAPTIVITY VÝUKY

Praktické ověření teoretických poznatků řešených v kapitole 4 bylo provedeno na lekci z předmětu „Teorie zpracování dat“ (dále budeme používat zkratku TZD) přednášeném na katedře informatiky FEI VŠB-TU Ostrava. Ověření se zúčastnilo 35 studentů z katedry informatiky FEI VŠB-TU Ostrava.

6.1 Příprava ověřovací lekce

Při hledání problematiky, na které bude provedeno ověření řešených poznatků, bylo nutné zvolit předmět, který bude pro ověření použit. Přepřacování připravených materiálů do plně adaptabilní podoby, která zahrnuje rozdělení na formy, hloubku a příslušné vrstvy se ukázalo jako časově velmi náročné. Proto byl zvolen předmět, pro který již existoval výklad v několika formách. Pro předmět TZD byly k dispozici distanční skripta, které obsahovaly verbální a vizuální formu. Verbální a vizuální forma byla doplněna o FLASH animace a video nahrávky přednášek. Předmět byl tedy z pohledu forem pokryt téměř v plném rozsahu. Dále bylo nutné za pomoci šablon (šablona je uvedena v kapitole 5.3. a praktická ukázka v příloze B) zpracovat celou lekci. Již před zahájením tvorby lekce bylo patrné, že nebude možné provést pouhé „překlopení“ dostupných materiálů, ale bude nutné provádět úpravu samotného obsahu. Při rozdělování obsahu na vrstvy bylo nutné brát v úvahu adaptivní chování algoritmu, které může provádět změny pořadí vrstev. Bylo tedy potřeba se vyvarovat slovním návaznostem mezi jednotlivými vrstvami, protože v případě změny pořadí by text nemusel dávat smysl. Dále bylo nutné rozšířit nebo dopracovat některé části výkladu, které byly původně určeny pouze pro klasickou distanční učebnici.

Přepřacování jedné lekce, pro kterou již byla většina materiálu připravena, trvalo cca jeden a půl měsíce, což svědčí o časové náročnosti přípravy lekce. Pro přepřacování byla zvolena část předmětu, která se zabývá teoretickými poznatky z oblasti relačních databází. Lekce byla rozdělena na celkem 23 rámců v několika variantách.

6.2 Ověření funkčnosti adaptivních algoritmů

Při navrhování metodiky ověření bylo nutné zohlednit připravenou lekci. K dispozici byla lekce pokrývající část teorie z předmětu TZD. Nejednalo se o ucelený předmět ani začátek předmětu, tudíž lekce předpokládala znalost pojmů z předcházejících kapitol. Proto lekci nemohli testovat studenti, kteří s uvedenou problematikou ještě nepřišli do styku. Byla tedy vytvořena skupina dobrovolníků, kteří již předmět absolvovali a byli ochotni věnovat čas studiu látky, kterou již studovali. Vznikla tak navíc zajímavá možnost zpětné vazby, kdy se studenti mohli vyjádřit k procesu výuky při prvotním studiu a porovnat jej s procesem respektujícím pravidla uvedená v kapitole 4.

Při ověřování bylo nutné dále zohlednit obavy studentů, kteří se zdráhali účastnit testování v případě, že nebude prováděno anonymně. Studentům bylo vyhověno a mohli se testování účastnit anonymně. Anonymita zároveň zaručila objektivnější odpovědi na otázky, které se týkaly průběhu a kvality výukového procesu.

Pro ověření byly zvoleny následující oblasti:

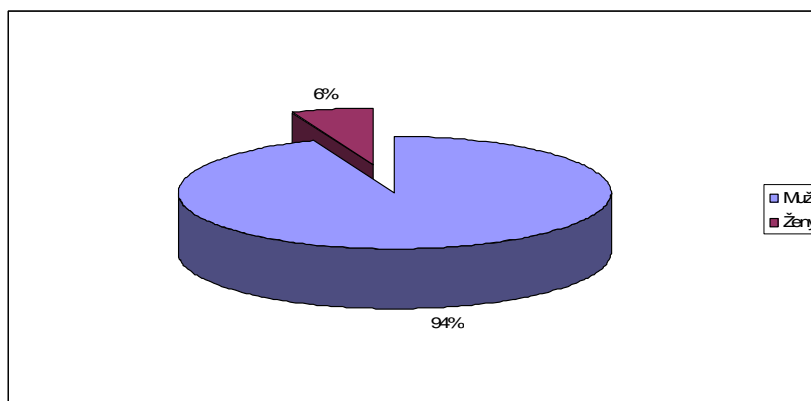
- Sledování změny MStVysl na základě vyhodnocování odpovědí studentů na průběžné otázky,
- Sledování změny pořadí vrstev oproti klasické distanční učebnici,

- Zaznamenávání času stráveného nad stejnými typy rámců zpracovaných v různých formách,
- Analýza preferovaných forem výkladu,
- Vykonání kontrolního testu z probírané látky,
- Hodnocení kvality výkladu z pohledu studentů.

Realizace výukového procesu a sledování všech akcí studentů probíhala ve výukovém systému Barborka. Po přihlášení do Barborky vykonali studenti test vlastností svého učebního stylu (šablona testu je uvedena v příloze A), na základě kterého byly u každého studenta nastaveny počáteční hodnoty vlastností. Po vykonání testu byl studentům umožněn přístup k výukovému materiálu. Po ukončení studia lekce byl studentům předložen krátký test pro ověření jejich znalostí a evaluační dotazník, který sloužil pro zaznamenání zpětnovazebných informací o procesu výuky.

6.2.1 Statistika studentů

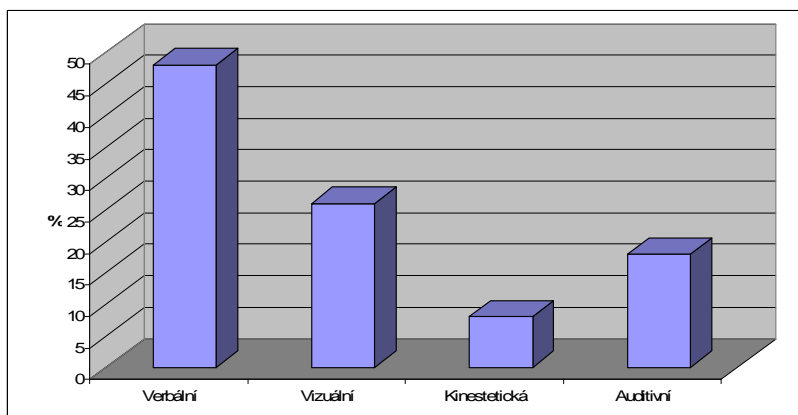
Skupina studentů, která se ověření účastnila, byla tvořena zejména muži. Nízké zastoupení žen je dáno obecně nižším počtem žen mezi studenty katedry informatiky.



Obrázek 18: Zastoupení mužů a žen mezi studenty

6.2.2 Analýza preferovaných forem výkladu

Analýza byla provedena nad výsledky dotazníků, které se používají pro nastavení hodnot jednotlivých vlastností. Byly zde srovnávány vlastnosti z kategorie MStForm.

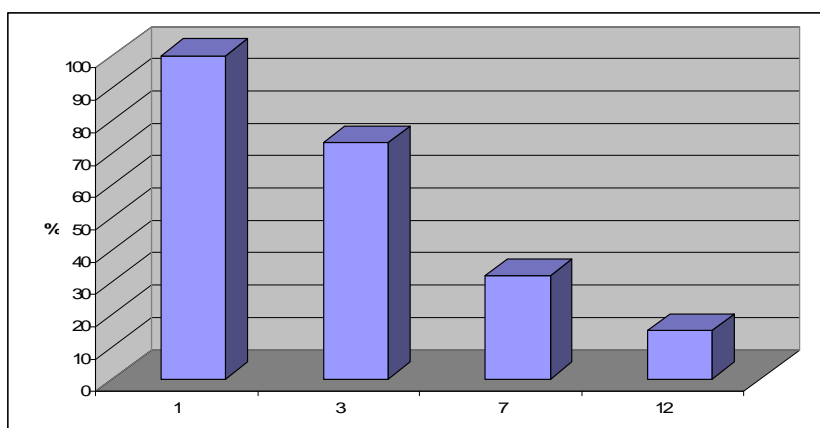


Obrázek 19: Analýza preferovaných forem

Nejpreferovanější formou je verbální, případně verbální v kombinaci s vizuální. Nejméně preferovanou formou je kinestetická, kterou preferuje jen velmi úzké spektrum studentů. Výsledkem převládající verbální složky může být i to, že se jedná o nejčastější typ materiálu, který mají studenti k dispozici, a proto tento typ považují za „vyhovující“. V případě, že by měl student v průběhu studia k dispozici širší škálu forem, ve kterých může studovat, je možné že by došlo i ke změně preferované formy. Protože se jednotlivé vlastnosti v průběhu studia mohou měnit, včetně pohledu na formu, je proto potřeba provádět testování vlastností v opakujících se intervalech.

6.2.3 Sledování změny MStVysl

Cílem sledování změny MStVysl bylo ověření adaptace výukového stylu na základě úspěšnosti odpovědí na průběžné otázky. Lekce obsahovala celkem 15 průběžných otázek. Kontrola a případná úprava vlastnosti MStVysl probíhala celkem čtyřikrát a to konkrétně po 1, 3, 7 a 12 otázce.



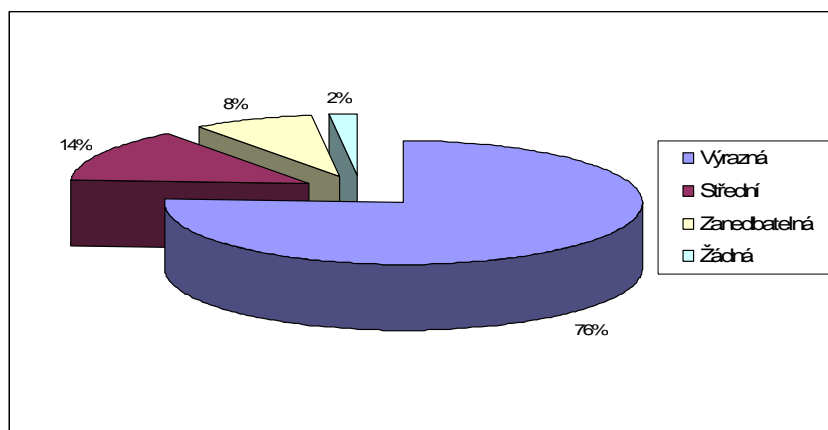
Obrázek 20: Sledování změny MStVysl

Z grafu je vidět, že první úprava MStVysl byla provedena ihned po zodpovězení první otázky. Protože výchozí hodnota je nastavena na 0, došlo ke změně u všech studentů. V případě správné odpovědi byla vlastnost upravena do kladných hodnot, v případě chybné odpovědi do hodnot záporných. Při další kontrole MStVysl po 3. otázce je již možné vysledovat trend, který je patrný i u dalších kontrol, a to postupné zmenšování procenta studentů, u kterých byla hodnota MStVysl měněna.

V průběhu studia se adaptivní algoritmus postupně adaptoval na úroveň znalostí jednotlivých studentů. V případě, že by v předmětu následovala další lekce, bude mít adaptivní algoritmus již k dispozici informace o MStVysl, které použije pro sestavení výukového stylu. Kontrola po 12. otázce zároveň ukazuje, že i po vykonání většího počtu otázek je stále vhodné provádět ověřování MStVysl s případnou korekcí její hodnoty.

6.2.4 Sledování změn pořadí vrstev oproti distanční učebnici

Sledování změn v pořadí vrstev provádělo srovnání pořadí výkladu v klasické učebnici, který byl použit pro přípravu lekce, s podobou výkladového rámce, který se zobrazoval jednotlivým studentům. Při průchodu studenta lekcí dochází k ukládání informací o aktuálně zobrazené variantě rámce včetně zaznamenání pořadí jednotlivých vrstev.

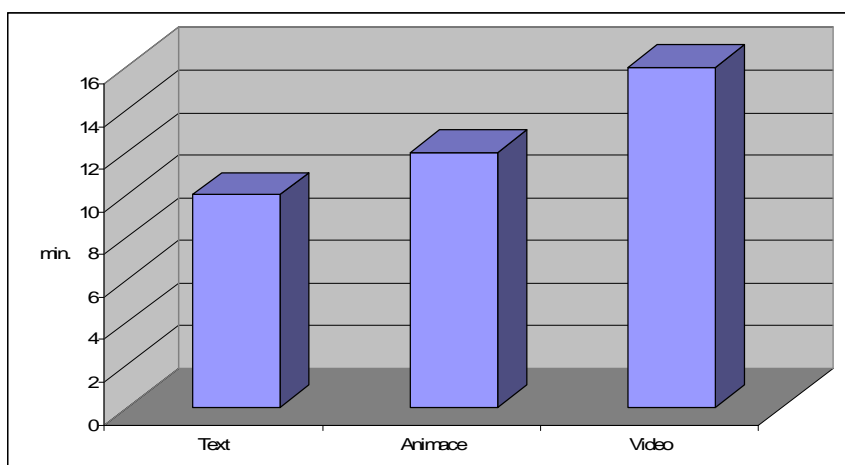


Obrázek 21: Změny pořadí vrstev oproti klasickému materiálu

Vypočtené výsledky jsou průměrem pro zobrazení všech rámců. U některých rámců docházelo k přidávání vrstev, které se v distančním textu nevyskytovaly. V tomto případě byla zaznamenána změna oproti srovnávanému textu. Na základě výsledků je vidět, že u většiny rámců došlo ke změně zobrazované informace, tedy adaptační algoritmus provedl změnu zobrazení obsahu podle výukového stylu studenta. Změna obsahu byla závislá na informační hodnotě rámce. U některých rámců, které obsahovaly více vrstev různých typů, docházelo ke změně častěji. Lze tedy říci, že rámec, který obsahuje více vrstev umožňuje jemnější proces adaptace.

6.2.5 Čas strávený nad stejnými typy rámců v různých formách

Lekce obsahovala rámce, které byly vytvořeny v několika formách, proto bylo možné porovnat čas, který student strávil nad rámci různých forem. Při vyhodnocování došlo ke sjednocení forem do tří skupin, které popisovaly převládající formu, a to Text (verbální), Animace (vizuální, kinestetická), Video (vizuální, auditivní).



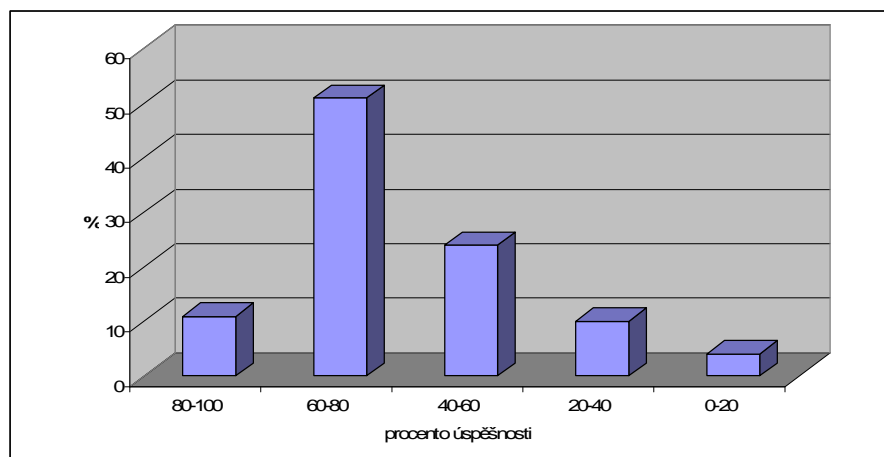
Obrázek 22: Čas strávený nad rámcem.

Průměrně nejvíce času strávili studenti nad rámci, které obsahovaly video-sekvence. Prodloužení času je dáno zejména délkou video-sekvence a obtížnějším urychlením prezentace výkladu. Video-sekvence ve většině případů studenti poslouchali jako celek bez přetáčení. Prodloužení času můžeme sledovat i u rámců, které obsahovaly animace. Animace umožňují provádět krokování jednotlivých částí. Student tak může provádět

srovnávání obsahu animace s obsahem textového výkladu, což prodlužuje čas, který student nad rámcem stráví.

6.2.6 Výsledky závěrečného kontrolního testu z probrané lekce

Na konci studia absolvovali studenti test, který obsahoval několik otázek z probírané látky.

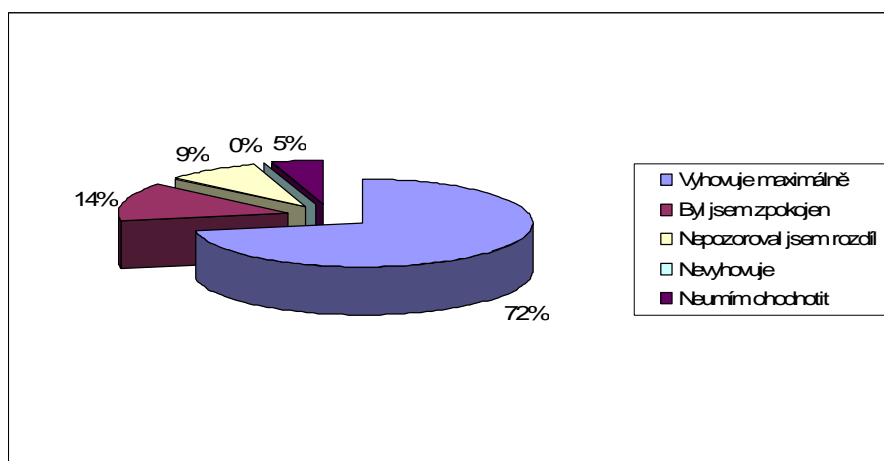


Obrázek 23: Výsledky kontrolního testu

Více než 50% studentů vypracovalo kontrolní test s výsledkem přesahujícím hranici 80%. Jedná se o poměrně vysoké procento vzhledem k výsledkům, kterých studenti dosahují při vykonávání zkoušky z předmětu TZD. Výsledek mohl být ovlivněn tím, že studovali látku z předmětu, který již absolvovali. Příznivě také mohl působit fakt, že do experimentu se přihlásili pouze studenti, kteří o studium jeví zájem. Ve výsledném dotazníku označili studenti proces výuky za vyhovující, což může mít výrazný podíl na procentu úspěšnosti při provádění testu.

6.2.7 Hodnocení kvality výkladu z pohledu studentů

Jako poslední část experimentu byl studentům předložen dotazník, ve kterém se měli vyjádřit k průběhu výuky. V dotazníku měli zhodnotit, zda jim předložená forma výuky vyhovuje a zda se lišila od stylu výuky, na který jsou zvyklí.



Obrázek 24: Spokojenost s předloženou formou výuky

Většina studentů přijala formu výuky pozitivně s tím, že jim vyhovuje, případně byli s výukou spokojeni. Podle poznámek, které mohli studenti do dotazníku zahrnout, by uvítali možnost takto studovat více předmětů. Zároveň však označovali studium z obrazovky počítače za namáhavější a únavnější. V některých případech by preferovali možnost tisku výukových opor s následným studováním v klasické papírové podobě.

7 ZÁVĚR

7.1 Splnění cílů disertační práce

Předkládaná disertační práce si kladla za cíl přispět k nasazení adaptivní výuky do prostředí e-learningu. Tento cíl byl dosahován postupným naplňováním navazujících dílčích cílů, které byly stanoveny v kapitole 3.

Prvním cílem bylo nadefinování a implementace struktury dat pro uložení informací o jednotlivých studentech. Podrobný popis vytvořené struktury je uveden v kapitole 4.1.2, popis implementace je uveden v kapitole 5.2. Dalším z cílů bylo definování virtuálních studentů a na základě expertního systému provádění vhodného přiřazení reálného studenta ke studentu virtuálnímu. Řešení cíle je popsáno v kapitole 4.1.3.

Pro uložení výukových opor bylo nutné navrhnout autorskou databázi, která bude obsahovat metadata pro uložení adaptačních informací. Při návrhu autorské databáze bylo provedeno rozdělení výkladu na jednotlivé vrstvy a významové hloubky. Řešení cíle popisuje kapitola 4.2.

Jedním z významných cílů bylo navržení obecné formulace pravidel, které definují mapování vlastností studenta pro výběr typů a pořadí vhodných variant a vrstev výukových opor. Pravidla a mechanismus přiřazování se stal základní částí virtuálního učitele, který byl navržen v kapitole 4.3. Podrobným popisem pravidel a jejich tvorbou se zabývá kapitola 4.3.1. Pomocí adaptačních pravidel bylo možné nadefinovat vhodný výukový styl pro studenta, na jehož základě je prováděna adaptace výukového materiálu. Samotnou adaptaci výukového materiálu provádí adaptační algoritmus navržený v kapitole 4.3.4.

Teoretický návrh adaptovatelné výuky řízené individuálními učebními styly studentů, který byl zpracován v této práci, byl implementován do výukového systému Barborka.

Pro ověření a otestování jednotlivých cílů byla vypracována lekce z předmětu „Teorie zpracování dat“. Obsah vytvořené lekce se strukturou odpovídající navrhované struktuře výukových materiálů byl uložen do výukového systému Barborka. Tam bylo provedeno na skupině studentů otestování adaptačních funkcí. Na základě protokolovaných událostí byly formulovány závěry, které prokázaly funkčnost a použitelnost navrhovaného řešení.

7.2 Další vývoj adaptivní výuky

Předložená disertační práce řeší komplexně pohled na učební styl studentů a řeší rozklad výukového materiálu tak, aby byl adaptovatelný různým způsobem. Pro definování výkladového stylu konkrétnímu studentovi navrhuje vhodný mechanismus záznamu a zpracování expertních pedagogických pravidel. Prozatím však neuvádí komplexní seznam pravidel, které by umožnily optimalizaci všech typů studentů z hlediska učebních stylů a jejich způsobu výuky. Rozšíření bude možné provést využitím dalších vlastností, které se v současné době nevyužívají.

V dalším vývoji adaptivního procesu bude potřeba pokračovat řešením řady navazujících úloh:

- dále analyzovat a upřesňovat množinu vlastností definujících učební styl studentů,

- formulovat další pedagogická pravidla přiřazující výukový styl k danému učebnímu stylu, řešit jejich kombinace, řešit případné kolize pravidel,
- v souvislosti s předcházejícím bodem rozšířit současná metadata výukových prvků (rámců, variant, vrstev) o metadata umožňující kombinovat i prvky různých rámců, případně i různých lekcí či předmětů,
- analýzou protokolu studenta metodami statistiky a metodami získávání znalostí z dat, realizovat zpětnou vazbu do množiny virtuálních studentů i do osobních vlastností živých studentů,
- analýzou protokolu studenta metodami statistiky a metodami získávání znalostí z dat, realizovat zpětnou vazbu do výukových opor konkrétních předmětů, doporučovat jejich úpravy,
- analýzou protokolu studenta metodami statistiky a metodami získávání znalostí z dat, realizovat zpětnou vazbu do expertních pravidel virtuálního učitele a doporučovat jejich modifikace.

Na realizovanou disertační práci budou navazovat další práce, které budou rozšiřovat řešenou problematiku. Navazující disertační práce ing. Takácse bude na základě analýz zpětnovazebných informací upřesňovat a navrhopvat další adaptační pravidla. Dále bude navrhopvat alternativní postupy řešení kolizních situací při sestavování výsledného výukového stylu. Další spolupracovníci by měli formulovat a doplnit pedagogické a didaktické zásady pro zlepšení chování virtuálního učitele.

LITERATURA

- [1] BRA, P.; CALVI, L. AHA! An open Adaptive Hypermedia Architecture . In New Review of Hypermedia and Multimedia. Department of Computing Science, Eindhoven University of Technology (TUE) : Eindhoven, 1998 . s. 115-139. DOI 10.1080/13614569808914698
- [2] PRIETO M.; GARC F. METHADIS: Methodology for the Design of Adaptive Hypermedia Systems for Learning based on Learning and Cognitive Styles, Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Kerkrade, The Netherlands, 2006 s.1137-1138. ISBN 0-7695-2632-2
- [3] RUIZ, M.P.P; BARRIALES, S.O. Feijoo.net: An Approach to Personalized E-learning Using Learning Styles, Springer Berlin / Heidelberg, 2003, s. 151-154. ISBN 978-3-540-40522-1
- [4] STERNBERG, J. R. Thinking styles. Cambridge University Press, 1999. 192 p. ISBN 052165713X, 9780521657136.
- [5] BARRIALES S.O.; RUIZ M.P.P.; RODRIGUEZ M.G. IOWA: Intuitive-Use Oriented Webtool for the Creation of Adapted Contents (in an E-learning Environment), Springer Berlin / Heidelberg, 2003, s. 9-19, ISBN 978-3-540-40522-1
- [6] MAREŠ, J.; GAVORA, P. Anglicko-český pedagogický slovník Praha: Portál 1999. ISBN 80-7178-310-2.
- [7] MAREŠ, J. Styly učení žáků a studentů. Praha: Portál, 1998. 240 s. ISBN 80-7178-246-7.
- [8] MAREŠ, J.; SKALSKÁ, H. Česká verze dotazníku LSI, zjišťující styly učení u žáků základních škol. Pedagogický výzkum a transformace české školy, 1993. s. 54.
- [9] FALKON, C.; BROWN, S. E-Learning Standards. Boca Ratton, Florida, St. Lucie Press 2003. ISBN 1-57444-345-3.
- [10] FLEMING, N. D.; MILLS, C. Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. In To Improve the Academy. vol. 11, 1992. p. 137. ISBN 80-705-6482-1.
- [11] ČÁP, J.; MAREŠ, J. Psychologie pro učitele. Praha: Portál, 2001. ISBN 80-7178-462-X.
- [12] BIGGS, J. B. Study Process Questionnaire Manual. Student Approaches to Learning and Studying, Australian Council for Educational Research Ltd., 1987. 53 s. ISBN 0-86431-002-1
- [13] KULIČ, V. Psychologie řízeného učení. Praha: Academia, 1992.
- [14] KOLB, D.A., Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Engelwood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1984
- [15] KOSTOLÁNYOVÁ, K.; ŠARMANOVÁ, J.; TAKÁCS, O. Results of analysis of learning styles. Information and Communication Technology in Education. Ostrava: Ostravská univerzita, 2009. s. 205-210. ISBN 978-80-7368-459-4
- [16] STERNBERG, R.J. Thing styles. Cambridge: Cambridge University., 1999, s. 60-63.

-
- [17] TAIT, H.; ENTWISTLE, N. J.; MCCUNE, V. ASSIST: a reconceptualisation of the Approaches to Studying Inventory, In Improving Student Learning (Ed, Rust, C.) Oxford Centre for Staff and Learning Development, Oxford, 1998, s. 262-271.
- [18] GARDNER H. MULTIPLE INTELLIGENCES: An Inservice Presentation to Independence Elementary School, Lakota School District, Oxford, Ohio, 1998
- [19] MECHLOVÁ, E.; Malach, J. E-learning a styly učení. IN Belcom 2003. Praha: ČVUT, 2003
- [20] MECHLOVÁ, E. Information and communication technology in education 2002. Proceedings. (Editor.) Radecká, E., Burianová, Z., Telnarová, Z., Ostrava: Ostravská univerzita 2003. 350 s. ISBN 80-7042-888-0.
- [21] LEWIN, K.; LIPPITT, R.; WHITE, R.K. Patterns of aggressive behavior in experimentally created social climates. Journal of Social Psychology 10: 271–301, 1939
- [22] BREKELMANS, M.; LEVY, J.; RODRIGUEZ, R. A Typology of Teacher Communication Style. Interpersonal Relationships in Education. London : The Falmer Press, 1993, s. 46-55.
- [23] ENTWISTLE, N. ; TAIT, H. Approaches and Study Skills Inventory for Students. Centre for Research on Learning and Instruction. University of Edinburgh, 1996.
- [24] MAŘÍK, V.; ŠTĚPÁNKOVÁ, O.; KATANSKÝ, J. a kol. Umělá Inteligence (1). Praha: Academia 1993. 264 s. ISBN 80-200-0496-3.
- [25] MAŘÍK, V.; ŠTĚPÁNKOVÁ, O.; KATANSKÝ, J. a kol. Umělá Inteligence (2). Praha: Academia 1997. 374 s. ISBN 80-200-0504-8.
- [26] MAŘÍK, V.; ŠTĚPÁNKOVÁ, O.; KATANSKÝ, J. a kol. Umělá Inteligence (3). Praha: Academia 2001. 328 s. ISBN 80-200-0472-6.
- [27] MAŘÍK, V.; ŠTĚPÁNKOVÁ, O.; KATANSKÝ, J. a kol. Umělá Inteligence (4). Praha: Academia 2003. 480 s. ISBN 80-200-1044-0.
- [28] KELLY, G. A. The psychology of personal constructs. New York, 1955.
- [29] BROK den P. J.; LEVY, J.; RODRIGUEZ, R.; WUBBELS, T. Perceptions of Asian-American and Hispan-American Teachers and their Communication Style. Teaching and Teacher Education, 2002, s. 447-467.
- [30] GARDNER, H. Dimenze myšlení. Teorie rozmanitých inteligencí, Praha: Portál 1999. 398 s. ISBN 80-7178-279-3.
- [31] FONTANA, D. Psychologie ve školní praxi. Praha: Portál, 1998. ISBN 80-7178-626-8.
- [32] FULLER, F. F.; BOWN, O. Becoming a teacher. In RYAN, K. (Ed.). Teacher Education. The seventy-fourth NSSE yearbook, Part II. Chicago : University of Chicago Press, 1975, s. 25-52.
- [33] CHRDLÉ, P. Současné trendy ve vzdělávání. Dobřichovice: KAVA-PECH, 1995. ISBN 80-85853-06-X.
- [34] GOH, S. C.; FRASER, B. J. Teacher Interpersonal Behavior and Elementary Students' Outcomes. Journal of Research in Childhood Education, 2000, č. 2, s. 216-231.
-

-
- [35] BERKA, P. Vybrané znalostní systémy. Vyd. 1. VŠE v Praze, 1993. ISBN 78-7454-149-5.
- [36] BERKA, P. Tvorba znalostních systémů. Vyd. 1. VŠE v Praze, 1993. ISBN 78-8162-841-6.
- [37] HRABIŠ, R. Automatizace role experta při řízení procesu dolování znalostí z dat. Ostrava, 1999. 79 s. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, FEI.
- [38] ROJÍČEK, R. Systém automatizovaného získávání znalostí od experta. Ostrava, 1999. 68 s. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, FEI.
- [39] TAKACS, O. Využití stylu učení v e-learningu. Ostrava, 2007. 66 s. Bakalářská práce. VŠB-TU Ostrava, FEI.
- [40] FASUGA, R. Inteligentní metody ve vzdělávání. Ostrava, 2008. 99 s. Dizertační práce. VŠB-TU Ostrava, FEI.
- [41] KOSTOLÁNYOVÁ, K.; ŠARMANOVÁ, J., TAKÁCS, O. Learning styles and individualized e-learning. Information and Communication Technology in Education. Ostrava: Ostravská univerzita, 2009. s. 123-127. [2009]. ISBN 978-80-7368-459-4
- [42] KOSTOLÁNYOVÁ, K., KAPOUNOVÁ, J., TAKÁCS, O., et al. Personalisation of Learning. Research, Reflections and Innovations in Integrating ICT in Education. FORMATEX, 2009. s. 234-237. ISBN 978-84-692-1788-7
- [43] K. KOSTOLÁNYOVÁ; ŠARMANOVÁ, J., Proceedings of the 9th International Conference on Information&Communication Technologies in Education, University of Ostrava, Czech Republic, 2008, pp. 136-141. ISBN 80-735-5569-3.
- [44] KOMENSKÝ, Jan, Ámos. Velká didaktika. Brno: Komenius 1948.
- [45] KURELOVÁ, M.; KANTOROVÁ, H.; KOZELSKÁ, Z., MALACH, J., JUDEIN, R.. Pedagogika II. Kapitoly z obecné didaktiky, Ostrava: 2001, ISBN 80-7042-156-8.
- [46] KAPOUNOVÁ, J. Používání informační komunikační technologie ve výuce. Ostrava: Ostravská univerzita, 1999. 74s. ISBN 80-7042-145-2.
- [47] PIAGET, J. Psychologie inteligence, Praha: Portál 1999. ISBN 80-7178-309-9.
- [48] PIAGET, J.; INHELDEROVÁ, B. Psychologie dítěte, Praha: Portál 1999. ISBN 80-7178-608-X.
- [49] CRÉTON, H.; WUBBELS, T.; HOOYMAYERS, H. A Systems Perspective on Classroom Communication. In WUBBELS, T.; LEVY, J. (eds.) Do you know what you look like? Interpersonal Relationships in Education. London : The Falmer Press, 1993, s. 1-12.
- [50] PRŮCHA, J.; WALTEROVÁ, E.; MAREŠ, J. Pedagogický slovník, Praha: Portál 2003. ISBN 80-7178-772-8.
- [51] DICK, A. Vom unterrichtlichen Wissen zur Praxisreflexion. Das praktische Wissen von Expertenlehrern im Dienste zukünftiger Junglehrer. Bad Heilbrunn : Klinkhardt, 1994.
- [52] RUISEL, I. Základy psychologie inteligence. Praha: Academia 2000. 182 s. ISBN 80-71784-25-7.
- [53] ULICH, D. Pädagogische Interaktion. Theorien erzieherischen Handelns und sozialen Lernens. Weinheim, Basel : Beltz, 1976.
-

-
- [54] WUBBELS, T.; LEVY, J. (eds.) Do you know what you look like? Interpersonal Relationships in Education. London : The Falmer Press, 1993.
- [55] PŮLPÁN, Z. Základy sestavování a vyhodnocování didaktických testů. Hradec Králové: PedF, VŠP, 1991.
- [56] TOLINGEROVÁ, D.; MALACH, A. Úvod do teorie programované výuky a výcviku. Příloha časopisu. Odborná výchova, XXI, No 2-5, 1970–71.
- [57] TOLINGEROVÁ, D.; KNĚŽŮ, V., KULIČ, V. Programované učení. Praha: SPN, 1968.
- [58] NEUWEG, G. H. Erfahrungslernen in der LehrerInnenbildung: Potenziale und Grenzen im Lichte des Dreyfus-Modells. Erziehung und Unterricht, 1999, č. 5-6, s. 363-372.
- [59] NOVOTNÝ, J.S. Dotazník pro zjišťování vlastností studentů. VŠB-TU Ostrava, 2010, prozatím veřejně nepublikováno.
- [60] ZLÁMALOVÁ, H. Úvod do distančního vzdělávání. Olomouc: Andragogé 2001. 70s. ISBN 80-244-0276-9.
- [61] GRICE, H. P. Some further notes on logic and conversation. In COLE, P. (ed.). Syntax and semantic 9: Pragmatics. New York : Academic Press, 1978.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [i1] *LMS Learning Management System* [online]. 2005- 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system>.
- [i2] *LCMS Learning Content Management Systém* [online]. 2005-2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system#Learning_content_management_system_.28LCMS.29>
- [i3] *Moodle* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://moodle.com>>.
- [i4] *eDoceo* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.edoceo.cz>>.
- [i5] *iTutor* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.e-learn.cz>>.
- [i6] *Feijoo.net* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.feijoo.net>>.
- [i7] *AICC Aviation Industry CBT Committee* [online]. 1988-2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.aicc.org>>.
- [i8] *IMS Global Learning Consortium, Inc.* [online]. 2001-2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.imsglobal.org>>.
- [i9] *W3C World Wide Web consortium* [online]. 1994-2006 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.w3c.org>>.
- [i10] *IEEE Learning Technology Standards Committee* [online]. 2000-2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://ieeeltsc.org>>.
- [i11] *AHA! Adaptive Hypermedia for All* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://aha.win.tue.nl>>.
- [i12] *FELDER, M. R., SOLOMAN, A. B. Index of Learning Styles* [online]. 2010 [cit. 2010-05-08] Dostupný z WWW: <<http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSpage.html>>.
- [i13] *Barborka Learnig Management System* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://barborka.vsb.cz/>>.
- [i14] *Barborka 2 Learnig Management System* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://barborka.vsb.cz/barborka2>>.
- [i15] *Barborka 3 Learnig Management System* [online]. 2010 [cit. 2010-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://barborka.vsb.cz/barborka3>>.

RELEVANTNÍ PUBLIKACE A ČLÁNKY K TÉMATU DISERTAČNÍ PRÁCE

- [v1] HOLUB, L., FASUGA, R., RADECKÝ M., Dynamic properties of knowledge networks and student profile in e-learning environment, Networked Digital Technologies, (CCIS) Series of Springer LNCS, Springer, 2010.
- [v2] HOLUB, L., FASUGA, R., DRÁBEK, T., ŠARMANOVÁ, J., Building knowledge base as a part of Intelligent Education, Ostrava: , University of Ostrava, 2008. Ed. prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc., University of Ostrava, Faculty of Science, ISBN 978-80-7368-577-5.
- [v3] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Automatized control of Adaptive Education in E-learning based on Learning Styles. Ed. prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc., Ostrava: University of Ostrava, 2008, s. 67–70, ISBN-978-80-7368-577-5.
- [v4] FASUGA, R., NĚMEC, M., DRÁBEK, T., HOLUB, L., MIKA L., Návrh a tvorba multimediální knihovny videozáznamů pro výuku, s podporou nových technologií, Brno: Masarykova Univerzita, 2008. Ed. Petr Sojka, Michal Bulant, Masarykova Univerzita Brno, ISBN 978-80-210-4613-9.
- [v5] BOBER, M., FASUGA, R., HOLUB, L., Traditional tasks in Computer Science and their Automatic Evaluation. In EAEEIE 2007, Praha: CVUT, 2007, ISBN 978-80-01-03745-4.
- [v6] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J.: Metody automatického vyhodnocení se zaměřením na tradiční způsoby hodnocení kvízů a variantních otázek. In sborník. Ed. Petr Sojka, Martin Kvizda, Brno: Masarykova univerzita, 2007, S. 49–54, ISBN 978-80-210-4296-4.
- [v7] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Designing and complete special tasks with automatic evaluation and video presentation in e-learning. In sborník. Ed. Prof. Jan Piecha, Kosice: Technical University Kosice, elfa s.r.o., 2007, s. 152–157.
- [v8] BOBER, M., FASUGA, R., HOLUB, L., ŠARMANOVÁ, J., Student activity protocol oriented to questions, their evaluation, define correct and wrong solutions, optimalization. In sborníku. Ed. Erika Mechlová, 30. dubna 22, 701 03 OSTRAVA: Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, 2007, ISBN 978-80-7368-388-7.
- [v9] HOLUB, L., FASUGA, R., BOBER, M., ŠARMANOVÁ, J., Methods for generation and automatic evaluation of special task types, Task generators, and Environment simulator, 30. dubna 22, 701 03 OSTRAVA: , Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, 2007. Ed. Erika Mechlová, ISBN 978-80-7368-388-7.
- [v10] HOLUB, L., FASUGA, R., BOBER, M., ŠARMANOVÁ, J., Methods of Automatic evaluation oriented to traditional ways of evaluation for Created Question. In sborníku. Ed. Erika Mechlová, 30. dubna 22, 701 03 OSTRAVA: Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, 2007, s. 157–160, ISBN 978-80-7368-388-7.
- [v11] FASUGA, R., Task Generators, and Environment Simulator, Evaluatio of Special Tasks. In sborník Wofex 2007. Ed. Václav Snášel, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic: VŠB-Technical University of Ostrava, 2007, 267–272, ISBN 978-80-248-1571-8.

-
- [v12] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Styly učení a možnosti jejich použití v e-learningu. Ed. Petr Sojka, Jiří Němec, Brno: Masarykova univerzita Brno, 2006, 77–80, ISBN 80-210-3923-X.
- [v13] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Inovace výuky odborných předmětů na bázi řízení projektu. In sborník. Ed. P. Sojka, T. Pitner, Masarykova univerzita v Brně: Masarykova univerzita v Brně, 2005, s. 59–64, ISBN 80-210-3699-0.
- [v14] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Možnosti aplikace technik umělé inteligence na styly učení. In sborník. Ed. František Jakab, Viliam Fedák, Igor Sivý, Marián Bučko, elfa s.r.o.: elfa s.r.o., 2005, s. 151–156, Technical University Kosice, elfa s.r.o., ISBN 80-8086-016-6.
- [v15] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Návrh a tvorba video záznamů pro výuku, jejich úprava a publikování. Ed. Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc., University of Ostrava: University of Ostrava, 2005, s. 219–223, ISBN 80-7368-081-5.
- [v16] FASUGA, R., NĚMEC, M., HOLUB, L., ŠARMANOVÁ, J., Barborka e-learning system development and future vision of intelligent education, Katowice: , University of Silesia, 2005. Ed. Prof. Jan Piecha, 1., University of Silesia Katowice, ISBN 83-922374-0-4.
- [v17] HOLUB, L., FASUGA, R., HOBLÍKOVÁ, I., VŠETULOVÁ, M., Distanční minimum on-line / on Barborka. In Sborník příspěvků ze semináře a soutěže eLearning 2004. Ed. Jan Sedláček, Hradec Králové: nakladatelství Gaudeamus při Univerzitě Hradec Králové, 2004, 102–110, Tech Film, ISBN 80-7041-798-6.
- [v18] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Recapitulation of Usage Barborka E-learning System on VŠB - Technical University os Ostrava. In Sborník iCEER 2004. Ed. R. Farana, P. Noskiewič, W. Melecký, V. Kebo, Z. Weiss, I. Vondrák, R. Briš, J. Polák, V. Roubíček, A. Dudáček, Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Czech Republic, 2004, 252-264, VŠB – Technical University of Ostrava, iNEER, ISSN 1562-3580.
- [v19] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Praktické zkušenosti s tvorbou distančních studijních opor v LMS Barborka. In III. Národní konference s mezinárodní účastí Distanční výuka v České republice – Současnost a budoucnost. Ed. J. Lisalová, Z. Freibergová, Praha: Centrum pro studium vysokého školství – NCDiV Národní vzdělávací fond, o.p.s. - Národní informační středisko pro poradenství, 2004, 278–282, Národní centrum distančního vzdělávání, Česká asociace distančního univerzitního vzdělávání, Národní vzdělávací fond, o.p.s., České vysoké učení technické v Praze, ISBN 80-86302-02-4.
- [v20] FASUGA, R., HOLUB, L., ŠARMANOVÁ, J., Podpora výuky odborných předmětů a jejich aplikace s použitím systému Barborka. In Geometry and Computer Graphics 2004, 25. konference o geometrii a počítačové grafice. Ed. Dr. RNDr. Arnošt Šarman, Ostrava, Czech Republic: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba, 2004, 32–37, ISBN 80-248-0581-2.
- [v21] HOLUB, L., FASUGA, R., Autorský software Barborka, Ostrava University Editorial Centre: University of Ostrava, 2003. Ed. Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc., ISBN 80-7042-888-0.
-

-
- [v22] FASUGA, R., HOLUB, L. LMS Barborka, Ostrava University Editorial Centre: University of Ostrava, 2003. Ed. Prof. RNDr. Erika Mechlová, CSc., ISBN 80-7042-888-0.
- [v23] FASUGA, R., HOLUB, L., ŠARMANOVÁ, J. Praktické zkušenosti s LMS Barborka. In VIRTUAL UNIVERSITY 5th International Conference. Ed. Mikuláš Huba, Karel Květoň, Bratislava, Slovak Republic: E-Academia Slovaca, 2004, 216-220, E-Academia Slovaca, STU Bratislava, Faculty of Electrical Engineering and Information UPJŠ Košice, Faculty of Public Administration, Danube University Krems, European Assoc, ISBN 80-227-2171-9.
- [v24] HOLUB, L., FASUGA, R., ŠARMANOVÁ, J., Rekapitulace použití výukového systému Barborka na VŠB-TU Ostrava. In E-learning přichází SCO 2004 Brno. Ed. J. Rambousek, D. Mikšík, Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2004, 17-20, Masarykova univerzita v Brně, ISBN 80-210-3409-2

PŘÍLOHA A – DOTAZNÍK PRO ZJIŠŤOVÁNÍ VLASTNOSTÍ

Ukázka použitého dotazníku pro zjišťování vlastností studentů:

I. Smyslové vnímání (vizuální-auditivní-verbální-kinestetický)

1. Chci se naučit používat nový program, dovednost nebo hru na počítači. Půjdu na to tak, že:
 - a) přečtu si instrukce (návod), které jsem dostal společně s programem
 - b) promluvím si s někým, kdo zná ten program
 - c) zkusím pomocí klávesnice a dalších ovladačů (např. myš) ovládat program
 - d) budu se držet schémat a obrázků v příručce, kterou jsem dostal s programem
2. Dokončil jsem soutěž nebo test a rád bych dostal nějakou zpětnou vazbu (odezvu, reakci). Chtěl bych dostat zpětnou vazbu:
 - a) s využitím příkladů, které jsem v rámci testu (soutěže) dělal
 - b) v podobě psaného popisu svých výsledků
 - c) od člověka, který se mnou projde Vaše výsledky
 - d) v podobě grafů, popisujících čeho jsem dosáhl
3. Mám na ulici poradit osobě, která se chce dostat na letiště, nádraží nebo do centra města. Poradil bych jí tak, že bych:
 - a) řekli jí instrukce, jak se tam dostat
 - b) nakreslil nebo dal jí mapu
 - c) napsal jí instrukce, jak se tam dostat
 - d) ji doprovodil na určené místo
4. Když jsem se učil dělat něco nového (nepočítají se čistě fyzické činnosti jako jízda na kole apod.). Nejlépe jsem se to naučil:
 - a) pomocí schémat a nákresů – vizuálních vodíte
 - b) sledováním prezentace (demonstrace) dané činnosti (aktivity, schopnosti)
 - c) posloucháním někoho, kdo to vysvětlil a pokládáním otázek
 - d) s použitím psaných instrukcí – např. manuálu nebo učebnice
5. Chystám se koupit si mobilní telefon nebo fotoaparát. Kromě ceny mě při rozhodování nejvíce ovlivní:
 - a) přečtení si detailů (recenze) o jeho funkcích
 - b) vyzkoušení si a otestování přístroje
 - c) to, že vypadá dobře a má moderní design
 - d) prodavačův popis jeho funkcí

II. Sociální aspekt učení (samostatně-ve dvojici-skupinové)

- | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | Naprosto
souhlasím | | | | | | Naprosto
nesouhlasím |
| 6. Když mám hodně učení, nejraději se učím sám | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | Naprosto
souhlasím | | | | | | Naprosto
nesouhlasím |
| 7. Nejraději se učím s několika spolužáky či kamarády | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 8. Nejlépe se mi učí, když se učím: | | | | | | | |
| a) sám | | | | | | | |
| b) ve dvojici se spolužákem/kamarádem | | | | | | | |
| c) ve skupině více spolužáků/kamarádů | | | | | | | |

III. Motivace (vnitřní-vnější)

9. Ke studiu na této škole jsem se rozhodl, protože:

- a) neměl jsem moc jiných možností (např. to chtěli rodiče, nevzali mě nikam jinam, tenhle obor je snadné vystudovat apod.)
- b) tento obor mě zajímá a baví a chci ho dělat
- c) neměl jsem úplně jasnou představu, co chci studovat a známí mi ho doporučili, s tím, že je zajímavý (výnosný) a podle nich se na něj hodím

	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
10. Vybral jsem si tento obor, protože mě zajímá, i když vím, že může být náročný nebo nemusí být příliš výnosný		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
11. Obor, který jsem si vybral, mě zas tak nebaví, ale je snadný k vystudování		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

IV. Systematicčnost (řád-volnost)

12. Když píšu (promýšlím) nějaký text (esej, úvahu, článek), většinou:

- a) pracuji na úvodu a pak pokračuji dále ke konci
- b) pracuji různé části textu a pak je seřadím a dám dohromady

13. Při učení se většímu množství informací (např. před maturitou nebo velkou zkouškou):

- a) učím se různé otázky či předměty napřeskáčku (např. podle nálady, chutě do učení apod.)
- b) udělám si jasný plán učení a podle něj postupuji (např. od první otázky dále)

14. Musím se za týden naučit deset otázek ke zkoušení. Naučím se:

- a) první, pak druhou a tak dále až do desáté
- b) nejdříve ty, které jsou pro mě nějak zvláštní (jsou zajímavé, ty nejtěžší nebo naopak nejlehčí) a potom ten zbytek

V. Způsob práce s informacemi (teoretické odvozování-experimentování)

15. Lépe něco pochopím, když si to:

- a) vyzkouším
- b) promyslím

16. Nejdříve si:

- a) věci radši vyzkouším
- b) radši promyslím to, co se chystám udělat

17. Při učení se novým informacím přemýšlím o tom:

- a) jak souvisí se zbytkem učiva
- b) jak by se daly v praxi využít

VI. Postup učení (detail-celek)

18. Mám sklon:

- a) rozumět detailům tématu (problému, předmětu), ale mám zmatek v celkové struktuře (logice, principu)
- b) rozumět celkové struktuře (logice, principu), ale bývám zmatený z jednotlivých detailů

19. Když jednou pochopím:

- a) celý problém, vidím, jak do něj zapadají jednotlivé části

- b) všechny části (detaily), pochopím pak i celý problém

20. Když mám analyzovat nějaký příběh nebo román:

- a) přemýšlím o jednotlivých událostech a snažím se je dát dohromady, abych přišel na hlavní myšlenky
b) po přečtení už znám hlavní myšlenky příběhu a pak se vrátím zpátky k textu a hledám události, ve kterých se projevují

VII. Pojetí (povrchový-strategický-hlubkový)

	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
21. Pečlivě si plánuji svůj učební čas, abych dosáhl co nejlepších výsledků s co nejmenším úsilím	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
22. Když je to možné, snažím se dát pojmy a informace, na které narazím při učení, do souvislostí s jinými tématy, nebo informacemi z jiných předmětů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
23. Nemám ve zvyku číst víc, než kolik potřebuji k tomu, abych uspěl u zkoušky	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
24. Pečlivě sleduji, jak učitelé hodnotí a komentují práci studentů, abych zjistil, jak získat co nejlepší známku	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
25. Když se učím něco nového (učivo, téma, předmět), snažím se představit si v mysli, jak spolu všechny informace navzájem souvisí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
26. Při učení se soustředím pouze na ty informace, které musím znát, abych u zkoušení prošel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

VIII. Autoregulace (direktivní-sdílené řízení-volné řízení-samostatný)

	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
27. Jsem raději, když mi někdo přesně řekne, co mám při učení dělat a nemusím to vymýšlet sám	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
28. Než začnu řešit nějaký úkol, potřebuji, aby mi někdo dal bližší pokyny a nenechával to jenom na mě	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
29. Dávám přednost učitelům, kteří nám jasně řeknou, co si máme zapsat do poznámek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
30. Dávám přednost učitelům, kteří nás podporují k samostatnému myšlení a ukazují nám, jak oni sami uvažují a přemýšlí	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Naprosto souhlasím					Naprosto nesouhlasím
31. Nejradši si své studium řídím sám a s učitelem jen případně konzultuji nejasnosti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Klíč pro vyhodnocení testu

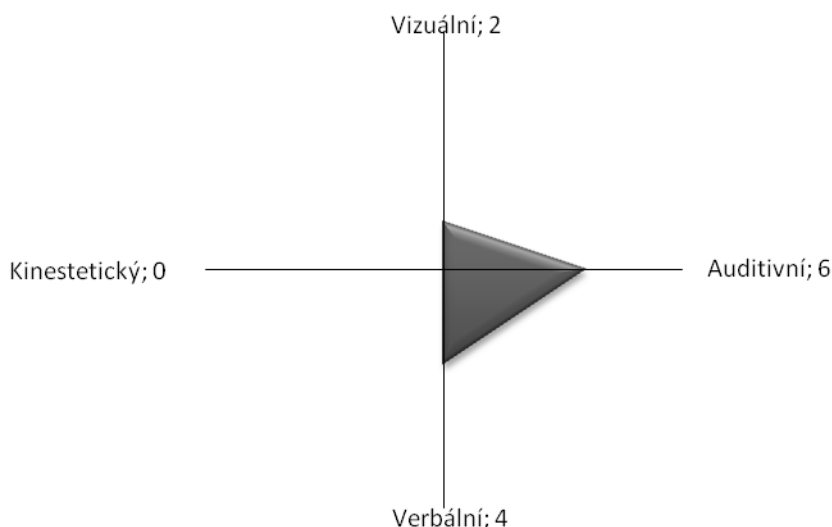
Otázky jsou předloženy v následujícím pořadí: 3, 20, 28, 21, 13, 6, 2, 10, 15, 31, 26, 5, 22, 11, 12, 30, 8, 18, 23, 29, 16, 1, 24, 7, 19, 27, 17, 4, 9, 14, 25.

I. SMYSLOVÉ VNÍMÁNÍ (VIZUÁLNÍ-AUDITIVNÍ-VERBÁLNÍ-KINESTETICKÝ)

Otázky číslo 1. - 4.

Každá otázka zahrnuje 4 možnosti, které sytí jeden z typů vnímání.

Výsledkem je grafické znázornění typu smyslového vnímání na čtyřech osách o hodnotách 0-10. Např.:



Hodnocení:

- každá otázka se hodnotí 2 body
- na začátku je hodnota každé osy rovna nule (nevyhraněný typ)
- volba varianty (a-d) u každé otázky určuje, na kterou ze 4 os se přičte daná hodnota 2
- přiřazování hodnot jednotlivým osám se pro jednotlivé otázky dělá podle následujícího klíče:

	Odpověď a)	Odpověď b)	Odpověď c)	Odpověď d)
Otázka č. 1	Ve	A	K	Vi
Otázka č. 2	K	Ve	A	Vi
Otázka č. 3	A	Vi	Ve	K

Otázka č. 4	Vi	K	A	Ve
Otázka č. 5	Ve	K	Vi	A

Vi – vizuální typ, A – auditivní typ, Ve – verbální typ, K – kinestetický typ

II. SOCIÁLNÍ ASPEKT UČENÍ (SAMOSTATNĚ-VE DVOJICI-SKUPINOVÉ)

Otázky č. 6. – 8.

Student volí ze tří možností, nebo na škále

Výsledek se zaznačí na úsečku, kde se sleduje pozice studenta vzhledem k následujícím významům:

0 – učí se nejradši samostatně

3-5 – učí se nejradši ve dvojici

10 – učí se nejradši ve skupině

Hodnocení:

Otázka č. 6

Jednotlivým možným volbám se přiřazují body následovně:

	Naprosto Souhlasím						Naprosto nesouhlasím
Body:	0	3	6	8	10		

Otázka č. 7

Jednotlivým možným volbám se přiřazují body následovně:

	Naprosto Souhlasím					Naprosto nesouhlasím
Body:	9	6	4	2	0	

Otázka č. 8:

- jednotlivým variantám se přiřadí bodová hodnota
 - a = 0
 - b = 3
 - c = 10

Hodnoty všech tří otázek se zprůměrují (sečtou a vydělí 3) a zanesou na výslednou úsečku.

III. MOTIVACE (VNITŘNÍ-VNĚJŠÍ)

Otázky č. 9. – 11.

Student volí ze tří možností, nebo na škále

Výsledek se zaznačí na úsečku, kde:

0 – silná vnější motivace

10 – silná vnitřní motivace

Hodnocení:

Otázka č. 9:

- jednotlivým variantám se přiřadí bodová hodnota
 - a = 0
 - b = 10
 - c = 5

Otázka č. 10

Jednotlivým možným volbám se přiřazují body následovně:

	Naprosto Souhlasím					Naprosto nesouhlasím
Body:	10	7	5	3	0	

Otázka č. 11

Jednotlivým možným volbám se přiřazují body následovně:

	Naprosto Souhlasím						Naprosto nesouhlasím
Body:	0	3	5	7	10		

Hodnoty všech tří otázek se zprůměrují (sečtou a vydělí 3) a zanesou na výslednou úsečku.

IV. SYSTEMATIČNOST (ŘÁD-VOLNOST)

Otázky č. 12. – 14.

Student volí jednu ze dvou možností.

Výsledky se zaznačí na úsečku, kde značí:

0 - silná potřeba řádu

3 - spíše potřeba řádu

7 - spíše potřeba volnosti

10 - silná potřeba volnosti

Hodnocení:

Odpovědi (číslo otázky a varianta odpovědi): 12 a), 13 b), 14 a) = **hodnota 0**

Odpovědi: 12 b), 13 a), 14 b) = **hodnota 1**

Jednotlivé kombinace získaných hodnot se na výslednou úsečku zanesou následovně:

0,0,0 = 0

0,0,1 = 3

0,1,1 = 7

1,1,1 = 10

V. ZPŮSOB PRÁCE S INFORMACEMI (TEORETICKÉ ODVOZOVÁNÍ- EXPERIMENTOVÁNÍ)

Otázky č. 15. – 17.

Student volí jednu ze dvou možností.

Výsledky se zaznačí na úsečku, kde značí:

0 - silná tendence teoretického odvozování

3 - spíše tendence teoretického odvozování

7 - spíše tendence experimentování

10 - silná tendence experimentování

Hodnocení:

Odpovědi (číslo otázky a varianta odpovědi): 15 b), 16 b), 17 a) = **hodnota 0**

Odpovědi: 15 a), 16 a), 17 b) = **hodnota 1**

Jednotlivé kombinace získaných hodnot se na výslednou úsečku zanesou následovně:

0,0,0 = 0

0,0,1 = 3

0,1,1 = 7

1,1,1 = 10

VI. POSTUP UČENÍ (DETAIL-CELEK)

Otázky č. 18. – 20.

Student volí jednu ze dvou možností.

Výsledky se zaznačí na úsečku, kde značí:

0 – silné zaměření na detaily

3 - spíše zaměření na detaily

7 - spíše zaměření na celek

10 - silné zaměření na celek

Hodnocení:

Odpovědi (číslo otázky a varianta odpovědi): 18 a), 19 b), 20 a) = **hodnota 0**

Odpovědi: 18 b), 19 a), 20 b) = **hodnota 1**

Jednotlivé kombinace získaných hodnot se na výslednou úsečku zanesou následovně:

0,0,0 = 0

0,0,1 = 3

0,1,1 = 7

1,1,1 = 10

VII. POJETÍ (POVRCHOVÝ-STRATEGICKÝ-HLOUBKOVÝ)

Otázky č. 21. – 26.

Otázky sytí tři samostatné osy, které dosahují hodnot 0-10. Každou osu sytí 2 otázky. Výsledek se značí do grafu jako u oblasti I. (smyslové vnímání).

Student odpovídá na 5ti bodové škále (naprosto souhlasím – naprosto nesouhlasím).

Hodnocení:

U jednotlivých otázek se přiřadí body na základě volby pozice na škále následujícím způsobem:

	Naprosto Souhlasím					Naprosto nesouhlasím
Body:	5	3	1,5	0,5	0	

Jednotlivé body se sečtou pro každou osu podle následujícího klíče (sycení os otázkami):

Povrchový přístup: Otázky č. 23, 26

Strategický přístup: Otázky č. 21, 24

Hlubkový přístup: Otázky č. 22, 25

VIII. AUTOREGULACE (DIREKTIVNÍ-SDÍLENÉ ŘÍZENÍ-VOLNÉ ŘÍZENÍ-SAMOSTATNÝ)

Otázky č. 27. – 31.

Student odpovídá na 5ti bodové škále (naprosto souhlasím – naprosto nesouhlasím).

Výsledek se zaznačí na osu o hodnotách -5 až 5, která vyjadřuje pozici studenta mezi extrémy „naprosté, direktivní řízení“ (hodnota -5) a „naprostá samostatnost“ (hodnota 5)

Hodnocení:

Odpovědi na každou z otázek se bodově ohodnotí podle následujícího klíče:

Otázky číslo **27, 28, 29** se bodují následovně

	Naprosto Souhlasím					Naprosto nesouhlasím
Body:	-1	-0,5	0	0,5	1	

Otázky číslo **30, 31** se bodují následovně

	Naprosto Souhlasím					Naprosto nesouhlasím
Body:	1	0,5	0	-0,5	-1	

Jednotlivé body se sečtou a výsledná hodnota se zanesou na úsečku.

PŘÍLOHA B – UKÁZKA NÁVRHU RÁMCE

Příklad návržení **jednoho** výkladového rámce ve třech formách. Kompletně zpracovaná lekce je pro svou rozsáhlost uložena na příloženém CD.

Verbální forma rámce

Rámeček: Třetí normální forma	MHRam = 1-10																												
Varianta – hloubka	MHZnam = 3																												
Varianta – forma	MFor = 90,10,0,0																												
Relační schémata ve 2NF mohou mít ještě další typ anomálií, podobných předchozím, avšak z poněkud jiných příčin. Příčinou těchto anomálií u relací ve 2NF je opět jistý typ funkčních závislostí, tentokrát mezi sekundárními atributy. Opět může dojít k redundanci a s ní spojenými komplikacemi.	MVrs = M																												
Definice Relační schéma je ve třetí normální formě , jestliže je ve 2NF a neexistuje závislost mezi sekundárními atributy.	MVrs = T																												
Relace ve 2NF, které nejsou ve 3NF, se vždy mohou rozložit vhodnou dekompozicí do 3NF, přičemž nedochází ke ztrátě informace a dekompozice zachovává množinu závislostí.	MVrs = S																												
Příklad Mějme relační schéma $R(A, B, C, D)$ se závislostmi $F = \{A \rightarrow B, AC \rightarrow D, B \rightarrow C\}$. Z uzavěří $A^+ = \{A, B, C, D\}$, $B^+ = \{B, C\}$, $C^+ = \{C\}$, $D^+ = \{D\}$, $BC^+ = \{B, C\}$, $BD^+ = \{B, D\}$, $CD^+ = \{C, D\}$ plyne, že klíčem a primárním atributem je A , sekundárními atributy B, C, D . Existující závislost, $B \rightarrow C$ je závislostí mezi sekundárními atributy. Ukažme si, že dochází k redundanci na části relace vyplněné daty, splňujícími dané FZ: <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr><tr><td>1</td><td>a</td><td>x</td><td>aa</td></tr><tr><td>2</td><td>a</td><td>x</td><td>bb</td></tr><tr><td>3</td><td>a</td><td>x</td><td>cc</td></tr><tr><td>4</td><td>b</td><td>y</td><td>dd</td></tr><tr><td>5</td><td>b</td><td>y</td><td>ee</td></tr><tr><td>6</td><td>b</td><td>y</td><td>ff</td></tr></table> pro stejnou hodnotu $B=a$ se zbytečně opakuje hodnota $C=x$ pro stejnou hodnotu $B=b$ se zbytečně opakuje hodnota $C=y$ Mimo zbytečné opakování stejných hodnot při redundanci může docházet k dalším anomáliím, které ukážeme na praktickém příkladu.	A	B	C	D	1	a	x	aa	2	a	x	bb	3	a	x	cc	4	b	y	dd	5	b	y	ee	6	b	y	ff	MVrs = R
A	B	C	D																										
1	a	x	aa																										
2	a	x	bb																										
3	a	x	cc																										
4	b	y	dd																										
5	b	y	ee																										
6	b	y	ff																										
Příklad Relační schéma $Učitelé(cu, jmeno, plat, funkce)$ s jediným klíčem cu je ve 2NF. Uvažme další, z reálného světa platnou funkční závislost $funkce \rightarrow plat$ (výše platu je podle předpisu určena zastávanou funkcí učitele). Opět můžeme zjistit následující potíže <ul style="list-style-type: none">• redundance, plat je uváděn opakovaně pro každého učitele se stejnou funkcí,• nebezpečí vzniku nekonzistence, plynoucí z redundance: že zapomeneme provést změny u všech prvků relace například při změně tarifního platu	MVrs = P																												

<div>pro funkci;</div> <div><ul style="list-style-type: none">• anomálie při vkládání; pokud žádný učitel není asistentem, nemůžeme ani vložit informaci o tom, jaký má asistent plat;• anomálie při vypouštění; při vypuštění jediného profesora z evidence ztratíme i informaci o tom, jaký má profesor plat.</div>																																				
<div>Příklad</div> <div>Je schéma FirmaP (firma, město, obyvatel) ve 3NF?</div> <div>FirmaP<table><tr><th>firma</th><th>město</th><th>obyvatel</th></tr><tr><td>AA</td><td>Ostrava</td><td>320000</td></tr><tr><td>BB</td><td>Karviná</td><td>100000</td></tr><tr><td>CC</td><td>Ostrava</td><td>320000</td></tr><tr><td>..</td><td></td><td></td></tr></table><div>⇒</div><table><tr><th>firma</th><th>město</th></tr><tr><td>AA</td><td>Ostrava</td></tr><tr><td>BB</td><td>Karviná</td></tr><tr><td>...</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table><div>+</div><table><tr><th>město</th><th>obyvatel</th></tr><tr><td>Ostrava</td><td>320000</td></tr><tr><td>Karviná</td><td>100000</td></tr><tr><td>...</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table></div> <div>Řešení:</div> <div>Platí: $F = \{ \text{firma} \rightarrow \text{město}, \text{město} \rightarrow \text{obyvatel} \}$, odtud</div> <div>Klíč: firma</div> <div>Primární atributy: firma, sekundární atributy: město, obyvatel</div> <div>Schéma je ve 2N, není ve 3NF..</div> <div>Existuje závislost: město → obyvatel tedy závislost mezi sekundárními atributy (neboli tranzitivní závislost sekundárního atributu na klíči);</div> <div>Důsledky: redundance hodnot obyvatel pro stejné město zruší-li se firma, ztratíme i informaci o počtu obyvatel jejího města, uložit počet obyvatel města bez firem nelze.</div>	firma	město	obyvatel	AA	Ostrava	320000	BB	Karviná	100000	CC	Ostrava	320000	..			firma	město	AA	Ostrava	BB	Karviná	...				město	obyvatel	Ostrava	320000	Karviná	100000	...				MVrs = P
firma	město	obyvatel																																		
AA	Ostrava	320000																																		
BB	Karviná	100000																																		
CC	Ostrava	320000																																		
..																																				
firma	město																																			
AA	Ostrava																																			
BB	Karviná																																			
...																																				
město	obyvatel																																			
Ostrava	320000																																			
Karviná	100000																																			
...																																				
<div>Je dána část databáze NEMOCNICE s relačními schématy</div> <div>Lekar (jmeno_lek, rod_cis_lek, specializace)</div> <div>Pokoj (cis_pokoj, poc_luzek)</div> <div>Pacient (jmeno_pac, rod_cis_pac, obec, ulice, psc)</div> <div>Hospitalizace (rod_cis_pac, datum_od, datum_do, diagnoza, cis_pokoj)</div> <div>Operace (rod_cis_lek, rod_cis_pac, datum_oper, hodina_oper)</div> <div>Datum_od a datum_do znamenají datum přijetí a propuštění pacienta z nemocnice, nemocnice má jediný operační sál.</div> <div>Všechny atributy jsou považovány za atomické.</div> <div>Označte správné odpovědi vzhledem ke splnění 3NF.</div>	MRot=Vnm	MVrs = U																																		
Schéma Lekar je v 3NF, protože tam neexistuje závislost sekundárních atributů	N																																			
Schéma Pokoj je v 3NF, protože tam neexistuje podklíč	N																																			
Schéma Pacient je v 3NF, protože tam neexistuje závislost sekundárních atributů	N																																			
Schéma Hospitalizace je v 3NF, protože tam neexistuje závislost sekundárních atributů	N																																			
Schéma Operace je v 3NF, protože jsou tam neexistuje závislost sekundárních atributů	N																																			
Schéma Lekar není ve 3NF, protože tam existuje závislost	N																																			

sekundárních atributů		
Schéma Hospital je není ve 3NF, protože tam existuje závislost sekundárních atributů	N	
Schéma Operace není ve 3NF, protože jsou tam existuje závislost sekundárních atributů	N	
Všechna schémata jsou ve 3NF	A	
Žádné schéma není ve 3NF	N	

Forma rámce zaměřená na vizuální a částečně kinetickou složku

Rámec: Třetí normální forma	MHRam = 1-10	
Varianta – hloubka	MHZnam = 3	
Varianta – forma	MFor = 60,30,0,10	
<p>Třetí normální forma</p> <p>Schéma ve 2NF však mohou mít další typ anomálií, podobných předchozím, avšak z poněkud jiných příčin. Uvažme příklad:</p> <p>Příklad</p> <p><i>Relační schéma Učitelé(ČU, Jméno, Plat, Funkce) s jediným klíčem ČU je ve 2NF. Uvažme další, z reálného světa odpozorovanou, funkční závislost Funkce → Plat (výše platu je podle předpisu určena zastávanou funkcí učitele). Opět můžeme zjistit následující potíže</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>redundance, plat je uváděn opakovaně pro každého učitele se stejnou funkcí,</i> • <i>nebezpečí vzniku nekonzistence, plynoucí z redundance: že zapomeneme provést změny u všech prvků relace například při změně výše platu pro funkci;</i> • <i>anomálie při vkládání; pokud žádný učitel není asistentem, nemůžeme ani vložit informaci o tom, jaký má asistent plat;</i> • <i>anomálie při vypouštění; při vypuštění jediného profesora ztratíme i informaci o tom, jaký má profesor plat.</i> <p><i>Příčinou těchto anomálií u relací ve 2NF jsou opět jisté typy funkčních závislostí, tentokrát tranzitivní závislost sekundárního atributu na klíči přes jiný sekundární atribut. Zavedeme si definici tranzitivní závislosti a pak relací ve 3NF.</i></p> <p>♦</p> <p>Definice</p> <p>Nechť X, Y, Z jsou podmnožiny množiny atributů A schématu R, nechť platí $Y \not\subset X$, $X \cap Z = \emptyset$, $Y \cap Z = \emptyset$ a nechť F je množina závislostí. Jestliže $X \rightarrow Y \in F$, $Y \rightarrow Z \in F^+$ a $Y \rightarrow X \notin F^+$, pak také $X \rightarrow Z \in F^+$ a říkáme, že Z je tranzitivně závislá na X.</p> <p>Poznámka: V definici nejde o jakoukoliv tranzitivitu, ale podmínky definice mají tento význam: pro $X, Y, Z \subseteq A$ předpoklad $Y \not\subset X$ znamená, že se uvažují jen netriviální závislosti,</p> <p style="text-align: center;"> $X \cap Z = \emptyset$ -“- $Y \cap Z = \emptyset$ -“- $\neg (Y \rightarrow X)$. znamená, že Y není jiný klíč v (X, Y, Z) </p> <p>Definice</p>	MVrs = T	

Relační schéma je ve **třetí normální formě** (3NF), jestliže je ve 2NF a žádný sekundární atribut není tranzitivně závislý na žádném klíči schématu R.

Jiná formulace 3NF:

Relační schéma je ve **třetí normální formě**, jestliže je ve 2NF a neexistuje závislost mezi sekundárními atributy.

Relace ve 2NF, které nejsou ve 3NF, se mohou rozložit vhodnou dekompozicí do 3NF, přičemž nedochází ke ztrátě informace a dekompozice zachovává množinu závislostí.

Animace

MVrs = S

Převod z 2.NF do 3.NF

Zadání: Mějme danou relaci *Učitelé* s klíčem ČÚ a funkčními závislostmi $Funkce \rightarrow Plat$, $ČÚ \rightarrow Funkce$.

Učitelé

ČÚ	Jméno	Plat	Funkce
1	Ivo Vondrák	30.000	prof.
2	Jana Šarmanová	28.000	doc.
3	Petr Grygánek	18.000	ing.
4	Petr Olvika	18.000	ing.
5	Petr Šaloun	25.000	RNDr.
6	Petr Jančár	28.000	doc.
7	Arnošt Šarman	25.000	RNDr.



Příklad

MVrs = P

Je schéma FirmaP (firma, město, obyvatel) ve 3NF?

FirmaP

firma	město	obyvatel	\Rightarrow	firma	město	$+$	město	obyvatel
AA	Ostrava	320000		AA	Ostrava		Ostrava	320000
BB	Karviná	100000		BB	Karviná		Karviná	100000
CC	Ostrava	320000		...			...
..								

Řešení:

Platí: $F = \{ \text{firma} \rightarrow \text{město}, \text{město} \rightarrow \text{obyvatel} \}$, odtud

Klíč: firma

Primární atributy: firma, sekundární atributy: město, obyvatel

Schéma je ve 2N, není ve 3NF..

Existuje závislost: $\text{město} \rightarrow \text{obyvatel}$ tedy závislost mezi sekundárními atributy (neboli tranzitivní závislost sekundárního atributu na klíči);

Důsledky: redundance hodnot obyvatel pro stejné město

zruší-li se firma, ztratíme i informaci o počtu obyvatel jejího města, uložit počet obyvatel města bez firem nelze.



Příklad

MVrs = P








Schéma Učitel (ČÚ, jméno, plat, funkce) se zadanou $F = \{ \dots, \text{funkce} \rightarrow \text{plat} \}$ je

ve 3NF?

Řešení:

Klíč je ČU, funkce i plat jsou sekundární atributy, schéma je ve 2NF, není ve 3NF.

Forma rámce zaměřená na audiovizuální složku

Rámec: Třetí normální forma	MHRam = 1-10	MVrs = T
Varianta – hloubka	MHZnam = 3	
Varianta – forma	MFor = 0,40,60,0	
<div><div>0:00:01 / 0:16:48</div><div></div></div> <div>Třetí normální forma Třetí normální forma</div>		<div><h3>Normální formy relací</h3><hr/><p>Definice</p><p>Nechť $X, Y, Z \subseteq A$ schématu $R(A)$, nechť $Y \subseteq X$, $X \cap Z = \emptyset$, $Y \cap Z = \emptyset$ a nechť F je množina závislostí. Jestliže $X \rightarrow Y \in F$, $Y \rightarrow Z \in F$ a $Y \rightarrow X \notin F$, pak také $X \rightarrow Z \in F$ a $Z \rightarrow X \notin F$ a říkáme, že Z je transitivně závislá na X.</p><p><i>Poznámka:</i> Podmínky $Y \subseteq X$, $X \cap Z = \emptyset$, $Y \cap Z = \emptyset$ vylučují všechny triviální závislosti, $Y \rightarrow X \in F$ říká, že Y není ekvivalentní s X.</p>$X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z, Y \nrightarrow X \text{ pak } X \rightarrow Z \text{ a } Z \nrightarrow X$<p>Definice</p><p>Relační schéma je ve třetí normální formě (3NF), jestliže je ve 2NF a žádný sekundární atribut není transitivně závislý na žádném klíči schématu R.</p><p><i>Poznámka:</i> Jiná formulace 3NF: Relační schéma je ve 3NF, neexistuje-li netriviální závislost mezi sekundárními atributy.</p></div>

PŘÍLOHA C – OBSAH CD

Na přiloženém CD je umístěn text disertační práce včetně kompletního programového vybavení vytvořeného v rámci disertační práce. CD je přiloženo jako elektronická příloha disertační práce. Data uložená na CD mají následující adresářovou strukturu:

- doc
 - text disertační práce ve formátu PDF
 - abstrakt CZ ve formátu PDF
 - abstrakt EN ve formátu PDF
 - podklady pro vypracování lekce v PDF
- src
 - zdrojové kódy v jazyce PHP
 - dump SQL databáze

PŘÍLOHA D – OCENĚNÍ PROJEKTU BARBORKA



